



Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΝΑΜΕΣΑ  
ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ  
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ  
ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΑΡΙΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ

2019



**Πανεπιστήμιο  
Κύπρου**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΝΑΜΕΣΑ  
ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ  
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ  
ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

**ΜΑΡΙΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ**

**Η διατριβή υποβλήθηκε προς απόκτηση διδακτορικού τίτλου  
σπουδών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Μάιος 2019**



Η παρούσα διατριβή έχει διεξαχθεί στο πλαίσιο των εργασιών της Ερευνητικής Ομάδας Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (ΕΟΜΦΕ), στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Απαγορεύεται η μερική ή ολική αναδημοσίευση του έργου αυτού, καθώς και η αναπαραγωγή του με οποιοδήποτε άλλο μέσο χωρίς σχετική άδεια της ΕΟΜΦΕ και του συγγραφέα.

©2019, Μαρία Χαραλάμπους, Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες,  
Πανεπιστήμιο Κύπρου

ISBN 978-9925-553-25-9

ΜΑΡΙΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ

# ΣΕΛΙΔΑ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

**Υποψήφια Διδάκτορας:** Μαρία Χαραλάμπους

**Τίτλος Διατριβής:** Διερεύνηση της διασύνδεσης ανάμεσα στην εννοιολογική κατανόηση των Φυσικών Επιστημών και στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης

*Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος στο **Τμήμα Επιστημών της Αγωγής** και εγκρίθηκε στις 9 Μαΐου 2019 από τα μέλη της **Εξεταστικής Επιτροπής**.*

**Ερευνητικός Σύμβουλος:** \_\_\_\_\_

Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου, Καθηγητής,  
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

**Μέλος Επιτροπής:** \_\_\_\_\_

Κωνσταντίνος Κορεάτης, Αναπληρωτής Καθηγητής,  
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

**Μέλος Επιτροπής:** \_\_\_\_\_

Δημήτρης Πορτίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής,  
Τμήμα Κλασικών Σπουδών και Φιλοσοφίας, Πανεπιστήμιο Κύπρου

**Μέλος Επιτροπής:** \_\_\_\_\_

Καλυψώ Ιορδάνου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια,  
Τμήμα Ψυχολογίας, Πανεπιστήμιο UCLan

**Μέλος Επιτροπής:** \_\_\_\_\_

Δημήτρης Κολιόπουλος, Καθηγητής,  
Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών

## **ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΥΠΟΨΗΦΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ**

Η παρούσα διατριβή υποβάλλεται προς συμπλήρωση των απαιτήσεων για απονομή Διδακτορικού Τίτλου του Πανεπιστημίου Κύπρου. Είναι προϊόν πρωτότυπης εργασίας αποκλειστικά δικής μου, εκτός των περιπτώσεων που ρητώς αναφέρονται μέσω βιβλιογραφικών αναφορών, σημειώσεων ή και άλλων δηλώσεων.

.....

Μαρία Χαραλάμους

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έναυσμα για την υλοποίηση της έρευνας αποτέλεσε το θεωρητικό επιχείρημα των Driver, Leach, Millar & Scott (1996), οι οποίοι αναφερόμενοι στη σημαντικότητα της διδασκαλίας στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, επικαλέστηκαν τη συνεισφορά τέτοιας μάθησης, στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών. Μέσα από τη συστηματική επισκόπηση της βιβλιογραφίας, μέσω της βάση δεδομένων SCOPUS και της χρήσης συγκεκριμένων λέξεων κλειδιών, οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει περιορισμένος αριθμός ερευνητικών προσπαθειών, που διερεύνησαν την πιθανή διασύνδεση της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης και των εννοιών της Φυσικής (N=7). Επιπλέον, μέσα από την προσεκτική μελέτη των εν λόγω ερευνών, φάνηκε ότι υπάρχουν συγκρουόμενα ευρήματα. Έτσι, λόγω της μη ξεκάθαρης εικόνας για τη διασύνδεση δύο θεμελιωδών παραμέτρων της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, θεωρήθηκε αναγκαία η υλοποίηση μιας έρευνας, η οποία να επικεντρώνεται στη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Μια πιθανή ερμηνεία για την ύπαρξη αντιφατικών δεδομένων στη βιβλιογραφία, είναι ο διαφορετικός τρόπος ορισμού και αξιολόγησης της εννοιολογικής κατανόησης, σε κάθε περίπτωση. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας υιοθετείται ένας εναλλακτικός ορισμός, σύμφωνα με τον οποίο η εννοιολογική κατανόηση αποτελείται από δύο διαστάσεις: α. την ικανότητα εφαρμογής εννοιών κατά την ανάλυση καινούριων φυσικών συστημάτων, και β. την κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων των συγκεκριμένων εννοιών (Papadouris & Constantinou, 2017).

Η παρούσα έρευνα περιλαμβάνει δύο επιμέρους μελέτες, οι οποίες έχουν διαφορετικό μεθοδολογικό σχεδιασμό και επικεντρώνονται στην απάντηση συνολικά έξι ερευνητικών ερωτημάτων. Ειδικότερα, στόχος της πρώτης μελέτης ήταν η διερεύνηση της διασύνδεσης ανάμεσα στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης και στην ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα (εννοιολογική κατανόηση – 1<sup>η</sup> διάσταση), αλλά και η σύγκριση της αποτελεσματικότητας δύο διαφορετικών τρόπων ενσωμάτωσης στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, στο πλαίσιο της διδακτικής επεξεργασίας κάποιου εννοιολογικού περιεχομένου: α. ταυτόχρονη διδασκαλία και β. παράλληλη - ανεξάρτητη διδασκαλία. Για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων, οι συμμετέχοντες (προπτυχιακοί φοιτητές, N = 40) χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: την ομάδα ελέγχου (διδασκαλία μαγνητισμού) και δύο πειραματικές ομάδες (διδασκαλία μαγνητισμού και φύσης της επιστήμης). Η διαφορά ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες εστιάζόταν στον τρόπο ενσωμάτωσης των δραστηριοτήτων για τη Φύση της

Επιστήμης στο πλαίσιο επεξεργασίας του μαγνητισμού. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δεν στηρίζουν την υπόθεση για άμεση διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης (1η διάσταση). Μέσα από την ανάλυση διαφαίνεται ότι οι δύο προσεγγίσεις διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης, είναι εξίσου αποτελεσματικές στην καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της δεύτερης μελέτης, αφορούσαν στη διερεύνηση του κατά πόσο η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού προκύπτει αυτόματα κατά τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης, και στη μελέτη του αν η κατανόηση τέτοιου είδους στοιχείων ενισχύει την κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης, αλλά και την ικανότητα εφαρμογής εννοιών σχετικών με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα. Σε αυτή την περίπτωση, οι συμμετέχοντες (προπτυχιακοί φοιτητές,  $N = 33$ ) χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: την ομάδα ελέγχου (διδασκαλία μαγνητισμού και φύσης της επιστήμης) και την πειραματική ομάδα (διδασκαλία μαγνητισμού, φύσης της επιστήμης και επιστημολογικών διαστάσεων μαγνητισμού). Οι συμμετέχοντες στη δεύτερη μελέτη δεν είχαν συμμετάσχει στην πρώτη μελέτη. Τα ευρήματα της έρευνας υπέδειξαν ότι η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού δεν προκύπτει αυθόρμητα. Επιπρόσθετα, δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε σχέση ανάμεσα στην κατανόηση τέτοιου είδους στοιχείων με την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης και την ικανότητα εφαρμογής εννοιών σε άγνωστα συστήματα.



## ABSTRACT

The departure point for this research was the theoretical argument by Driver, Leach, Millar & Scott (1996), that referred to the importance of teaching the nature of science because of its contribution to the improvement of conceptual understanding. Through the systematic review of the research literature, using specific keywords on the SCOPUS database, we have come to the conclusion that there is a limited number of research efforts that explored the possible link between the nature of science and conceptual understanding ( $N = 7$ ). In addition, through the careful study of these investigations, we were able to identify conflicting findings. Thus, due to the unclear picture on the possible connection between these two fundamental objectives of science teaching, we concluded that there was a need for a detailed study focusing on this specific investigation.

One possible interpretation of conflicting data in the bibliography might refer to differing definitions or distinct approaches for evaluation of students' conceptual understanding. In this study, a specific definition is adopted, according to which conceptual understanding consists of two dimensions: a. the ability to apply scientific concepts when analyzing physical systems; and b. understanding of the epistemological dimensions of these concepts (Papadouris & Constantinou, 2017).

The research includes two studies with different methodological design and research questions. The aim of the first study was to investigate the connection between understanding the nature of science and students' ability to apply concepts related to magnetism in the analysis of unknown systems. Also we wanted to compare the effectiveness of two different ways of integrating aspects of the nature of science into conceptual content: a. simultaneous teaching and b. parallel teaching. Participants (undergraduate students,  $N = 40$ ) were divided into three groups: a control group (teaching of magnetism) and two experimental groups (teaching of magnetism and the nature of science). The difference between the experimental groups was the distinct ways of integrating the nature of science in the conceptual elaboration of magnetism. Findings do not support the hypothesis of a direct connection between the nature of science and conceptual understanding and indicate that the two teaching approaches to introducing the nature of science are equally effective in cultivating epistemological proficiency.

The second study investigates whether an understanding of the epistemological dimensions of magnetism arises automatically through teaching of the nature of science. We also investigated whether the understanding of these elements enhances students'

understanding of the nature of science and their ability to apply scientific concepts, related to magnetism, in the analysis of unknown systems. In this case, participants (undergraduate students, N = 33) were divided into two groups: a control group (teaching of magnetism and nature of science) and an experimental groups (teaching of magnetism, nature of science and epistemological dimensions of magnetism). The findings of the research suggest that an understanding of the epistemological dimensions of magnetism does not arise spontaneously. Additionally, no relationship was found between understanding of such elements with an understanding of the nature of science or the ability to apply scientific concepts to unknown systems.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον Καθηγητή και επόπτη μου, κύριο Κωνσταντίνο Π. Κωνσταντίνου για τη βοήθειά του για τη διεκπεραίωση αυτής της διδακτορικής διατριβής. Καθ' όλη τη διάρκεια αυτών των χρόνων, η αλληλεπίδραση που είχα μαζί του, αποτελούσε κίνητρο και πηγή έμπνευσης για τη συνέχιση και ολοκλήρωση της εργασίας μου. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Νίκο Παπαδούρη, για τη συνεργασία και την αμέριστη βοήθεια που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια που είμαι μέλος της Ερευνητικής Ομάδας Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες. Τα ανατροφοδοτικά σχόλια που μου παρείχε, σε κάθε στάδιο της υλοποίησης αυτής της εργασίας, ήταν πάρα πολύ παραγωγικά για την πρόοδο της δουλειάς μου. Τις ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω και στα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής, τον Αναπληρωτή Καθηγητή, κ. Κωνσταντίνο Κορφιάτη, τον Αναπληρωτή Καθηγητή, κ. Δημήτρη Πορτίδη, την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, κ. Καλυψώ Ιορδάνου και τον Καθηγητή, κ. Δημήτρη Κολιόπουλο, για τη συμβολή τους στη βελτίωση της έρευνάς μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της Ερευνητικής Ομάδας μας που ήταν πάντοτε πρόθυμοι να με βοηθήσουν, να με ακούσουν και να με στηρίξουν. Ιδιαίτερα, ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω στην Παντελίτσα Καρνάου, η οποία συνέβαλε με πολλούς τρόπους στην ολοκλήρωση της διδακτορικής μου διατριβής.

Τέλος, τον σημαντικότερο ρόλο όλα αυτά τα χρόνια διαδραμάτισε η οικογένειά μου, οι γονείς μου και ο σύζυγος μου Μιχάλης, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν και με στήριξαν ψυχολογικά, σε όλο αυτό το δύσκολο και επίπονο ταξίδι.

*Αφιερωμένο στην κόρη μου Νικολέτα και στο δεύτερο μου παιδάκι που έρχεται σε λίγο χρόνο...*

ΜΑΡΙΑ ΧΑΡΑ ΛΑΜΠΡΟΥΚ

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>1</b>
Εισαγωγή.....	1
1.1. Συνεισφορά της παρούσας έρευνας.....	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>3</b>
Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	3
2.1. Η Φύση της Επιστήμης ως βασική μαθησιακή επιδίωξη.....	3
2.1.1. Η εξέλιξη του διδακτικού περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης, στο πέρασμα του χρόνου.....	3
2.1.2. Συναινετική αντίληψη για τη διδασκαλία του περιεχομένου της Φύσης της επιστήμης (consensus view).....	5
2.1.3. Κριτική στη συναινετική αντίληψη για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης.....	8
2.1.4. Εναλλακτικές προσεγγίσεις για τη Φύση της Επιστήμης.....	9
2.1.5. Τοποθέτηση που υιοθετείται στο πλαίσιο της έρευνας, όσον αφορά στη συναινετική αντίληψη για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης.....	12
2.1.6. Πότε και πώς διδάσκεται το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης.....	13
2.1.7. Η σημαντικότητα της διδασκαλίας του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης.....	15
2.2. Διασύνδεση Φύσης της Επιστήμης – Εννοιολογικής κατανόησης.....	16
2.2.1. Άμεση σύνδεση Φύσης της Επιστήμης – Εννοιολογικής κατανόησης.....	17
2.3. Υφιστάμενη τεχνογνωσία για εννοιολογική κατανόηση.....	36
2.3.1. Επέκταση ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης.....	40
2.4. Υφιστάμενη τεχνογνωσία για την κατανόηση επιστημολογικών διαστάσεων της έννοιας του μαγνητισμού.....	43
2.4.1. Παρανοήσεις σχετικά με τις επιστημολογικές διαστάσεις της έννοιας του μαγνητισμού.....	43
2.4.2. Θεωρία της Chi για κατανόηση επιστημολογικών διαστάσεων επιστημονικών εννοιών.....	44
2.4.3. Τρόποι βελτίωσης αντίληψης μαθητών για τις επιστημολογικές διαστάσεις επιστημονικών εννοιών.....	47
2.5. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>50</b>
Μεθοδολογία – 1η μελέτη.....	50
3.1. Συμμετέχοντες - Πλαίσιο εφαρμογής.....	50
3.2. Περιγραφή διδακτικού υλικού.....	52
3.3. Μέσα συλλογής δεδομένων.....	55
3.3.1. Γραπτά έργα αξιολόγησης.....	55

3.3.1.1. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης .....	56
3.3.1.2. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης.....	58
3.3.2. Ημι-δομημένες ατομικές συνεντεύξεις .....	59
3.4. Διαχείριση ηθικών ζητημάτων .....	59
3.5. Ανάλυση δεδομένων .....	59
3.6. Αξιοπιστία και εγκυρότητα έρευνας.....	60
3.6.1. Μέσα συλλογής δεδομένων .....	60
3.6.2. Πραγματοποίηση έρευνας.....	61
3.6.3. Κωδικοποίηση δεδομένων .....	62
3.7. Περιορισμοί στη μεθοδολογία.....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....</b>	<b>64</b>
Αποτελέσματα - 1η μελέτη.....	64
4.1.1 Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση.....	65
Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Α.....	65
Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Β.....	66
Έργο αξιολόγησης 2.....	68
Έργο αξιολόγησης 3.....	72
Έργο αξιολόγησης 4.....	76
Έργο αξιολόγησης 5.....	82
Έργο αξιολόγησης 6 / Ερώτημα Α.....	87
Έργο αξιολόγησης 6 / Ερώτημα Β.....	94
4.1.2 Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης .....	98
Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Α.....	98
Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Β.....	100
Έργο αξιολόγησης 2.....	105
Έργο αξιολόγησης 3.....	113
Έργο αξιολόγησης 4 / Ερώτημα Α.....	119
Έργο αξιολόγησης 4 / Ερώτημα Β.....	123
Έργο αξιολόγησης 4 / Ερώτημα Γ .....	125
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	<b>132</b>
Μεθοδολογία – 2 <sup>η</sup> μελέτη .....	132
5.1. Συμμετέχοντες – Πλαίσιο εφαρμογής.....	132
5.2. Περιγραφή διδακτικού υλικού.....	133
5.3. Μέσα συλλογής δεδομένων .....	135

5.3.1. Γραπτά έργα αξιολόγησης .....	135
5.3.1.1. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης .....	136
5.3.1.2. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης .....	137
5.3.1.3. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κατανόησης για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού .....	138
5.3.2. Ημι-δομημένες ατομικές συνεντεύξεις .....	139
5.4. Διαχείριση ηθικών ζητημάτων .....	139
5.5. Ανάλυση δεδομένων .....	139
5.6. Αξιοπιστία και εγκυρότητα έρευνας .....	140
5.6.1. Μέσα συλλογής δεδομένων .....	140
5.6.2. Πραγματοποίηση έρευνας .....	141
5.6.3. Κωδικοποίηση δεδομένων .....	141
5.7. Περιορισμοί στη μεθοδολογία .....	142

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6..... 143**

Αποτελέσματα – 2η μελέτη .....	143
6.1. Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση .....	144
Έργο αξιολόγησης 1 .....	144
Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Α .....	150
Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Β .....	155
6.2. Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης .....	161
Έργο αξιολόγησης 1 .....	161
Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Α .....	168
Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Β .....	172
Έργο αξιολόγησης 3 / Ερώτημα Β .....	176
Έργο αξιολόγησης 3 / Ερώτημα Α .....	179
6.3. Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με την κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού .....	185
Έργο αξιολόγησης 1 .....	185
Έργο αξιολόγησης 2 .....	191
Έργο αξιολόγησης 3 .....	196

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7..... 201**

Συμπεράσματα .....	201
5.1. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 1 .....	201
5.2. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 2 .....	206
5.3. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 3 .....	208

5.4.	Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 4 .....	209
5.5.	Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 5 .....	214
5.6.	Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 6 .....	216
5.7.	Σύνοψη συμπερασμάτων .....	218
5.8.	Εκπαιδευτικές προεκτάσεις .....	219
5.9.	Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα.....	220

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>222</b>
--------------------------	------------



## Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Προσεγγίσεις διδασκαλίας πτυχών της Φύσης της Επιστήμης .....	14
Διάγραμμα 2. Πιθανοί τρόποι σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης .....	16
Διάγραμμα 3. Στάδια ανασκόπησης βιβλιογραφίας .....	18
Διάγραμμα 4. Επιμέρους διαστάσεις εννοιολογικής κατανόησης σύμφωνα με τους Papadouris & Constantinou (2014; 2017) .....	41
Διάγραμμα 5. Κατηγοριοποίηση εννοιών σύμφωνα με την Chi (1993) .....	44
Διάγραμμα 6. Πιθανοί τρόποι σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και Φύσης της Επιστήμης, με βάση τον εμπλουτισμένο ορισμό της εννοιολογικής κατανόησης .....	48
Διάγραμμα 7. Μεθοδολογικός σχεδιασμός 1 <sup>ης</sup> μελέτης.....	50
Διάγραμμα 8. Τρόποι διδασκαλίας πτυχών της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της 1 <sup>ης</sup> μελέτης .....	51
Διάγραμμα 9. Μεθοδολογικός σχεδιασμός 2 <sup>ης</sup> μελέτης.....	133
Διάγραμμα 10. Πιθανός τρόπος σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης.....	202
Διάγραμμα 11. Πιθανός τρόπος σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης.....	210
Διάγραμμα 12. Πιθανός τρόπος σύνδεσης διαστάσεων εννοιολογικής κατανόησης .....	214
Διάγραμμα 13. Πιθανός τρόπος σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης.....	216

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Εμπειρικές έρευνες που διερεύνησαν την άμεση διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης με την εννοιολογική κατανόηση .....	20
Πίνακας 2. Ορισμός εννοιολογικής κατανόησης μέσα από την ανάλυση έξι Αναλυτικών Προγραμμάτων .....	37
Πίνακας 3. Λειτουργικός ορισμός εννοιολογικής κατανόησης και μέσο αξιολόγησης .....	38
Πίνακας 4. Αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας των δεδομένων της 1 <sup>ης</sup> μελέτης .....	62
Πίνακας 5. Βαθμός συμφωνίας όσον αφορά στη γενική τοποθέτηση των φοιτητών, κατά τη συμπλήρωση των γραπτών έργων αξιολόγησης και της τελικής συνέντευξης .....	64
Πίνακας 6. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 - εννοιολογική κατανόηση .....	69
Πίνακας 7. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 - εννοιολογική κατανόηση .....	71
Πίνακας 8. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 3 - εννοιολογική κατανόηση .....	73
Πίνακας 9. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 3 - εννοιολογική κατανόηση .....	75
Πίνακας 10. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 - εννοιολογική κατανόηση .....	76
Πίνακας 11. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 - εννοιολογική κατανόηση .....	79
Πίνακας 12. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση .....	81
Πίνακας 13. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 5 / ερώτημα Α_ εννοιολογική κατανόηση .....	83
Πίνακας 14. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 5 / ερώτημα Α - εννοιολογική κατανόηση .....	85
Πίνακας 15. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Α_ εννοιολογική κατανόηση .....	88
Πίνακας 16. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών σε ερώτημα στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Α_ εννοιολογική κατανόηση .....	92
Πίνακας 17. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση .....	95
Πίνακας 18. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση .....	97
Πίνακας 19. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 / ερώτημα Β_ φύση της επιστήμης .....	101
Πίνακας 20. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 / ερώτημα Β_ φύση της επιστήμης .....	104
Πίνακας 21. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 - φύση της επιστήμης .....	107
Πίνακας 22. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 - φύση της επιστήμης .....	111
Πίνακας 23. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 3 - φύση της επιστήμης .....	114
Πίνακας 24. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 3 - φύση της επιστήμης .....	117
Πίνακας 25. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης .....	120
Πίνακας 26. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης .....	121

Πίνακας 27. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης .....	123
Πίνακας 28. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης .....	124
Πίνακας 29. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Γ - φύση της επιστήμης .....	126
Πίνακας 30. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Γ - φύση της επιστήμης .....	129
Πίνακας 31. Αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας των δεδομένων της 2 <sup>ης</sup> μελέτης.....	141
Πίνακας 32. Βαθμός συμφωνίας όσον αφορά στη γενική τοποθέτηση των φοιτητών, κατά τη συμπλήρωση των γραπτών έργων αξιολόγησης και των συνεντεύξεων .....	143
Πίνακας 33. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 1_επικοινωνιακή κατανόηση .....	145
Πίνακας 34. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 1_επικοινωνιακή κατανόηση.....	148
Πίνακας 35. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - επικοινωνιακή κατανόηση.....	151
Πίνακας 36. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - επικοινωνιακή κατανόηση.....	153
Πίνακας 37. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Β - επικοινωνιακή κατανόηση.....	156
Πίνακας 38. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Γ - επικοινωνιακή κατανόηση.....	158
Πίνακας 39. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Β - επικοινωνιακή κατανόηση.....	160
Πίνακας 40. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 - φύση της επιστήμης.....	162
Πίνακας 41. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 - φύση της επιστήμης.....	165
Πίνακας 42. Παραδείγματα επινοημένων θεωριών που εντοπίστηκαν στις απαντήσεις φοιτητών στο προπαρασκευαστικό και μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 - φύση της επιστήμης.....	167
Πίνακας 43. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης .....	170
Πίνακας 44. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης .....	171
Πίνακας 45. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης .....	173
Πίνακας 46. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 2/ ερώτημα Β - φύση της επιστήμης .....	175
Πίνακας 47. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 3/ ερώτημα Β - φύση της επιστήμης .....	177
Πίνακας 48. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 3 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης .....	178
Πίνακας 49. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 3/ ερώτημα Α - φύση της επιστήμης .....	181
Πίνακας 50. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 3 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης .....	183
Πίνακας 51. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 - επιστημολογικές διαστάσεις.....	186
Πίνακας 52. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 1 - επιστημολογικές διαστάσεις.....	189

Πίνακας 53. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 2 - επιστημολογικές διαστάσεις .....	192
Πίνακας 54. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 - επιστημολογικές διαστάσεις .....	194
Πίνακας 55. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 3 - επιστημολογικές διαστάσεις .....	197
Πίνακας 56. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 3 - επιστημολογικές διαστάσεις .....	199
Πίνακας 57. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των τριών ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης .....	204
Πίνακας 58. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την ικανότητα των φοιτητών των τριών ομάδων να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα .....	205
Πίνακας 59. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την ικανότητα των φοιτητών των πειραματικών ομάδων να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με το μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα .....	207
Πίνακας 60. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των πειραματικών ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης.....	209
Πίνακας 61. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των δύο ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης .....	211
Πίνακας 62. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των δύο ομάδων για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού .....	212
Πίνακας 63. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την ικανότητα των φοιτητών των δύο ομάδων να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με το μαγνητισμό σε άγνωστα.....	215
Πίνακας 64. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2 <sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των δύο ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης .....	217

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

Η σημαντικότητα της κατανόησης βασικών στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης από μαθητές όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης, έχει τονιστεί από πολλούς ερευνητές (Lederman, 2007). Σύμφωνα με τους Driver, Leach, Millar & Scott (1996) υπάρχουν πέντε βασικά επιχειρήματα τα οποία καθιστούν τη Φύση της Επιστήμης ως μια θεμελιώδη μαθησιακή επιδίωξη. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε ένα από αυτά τα θεωρητικά επιχειρήματα, σύμφωνα με το οποίο η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης είναι σημαντική λόγω του ότι συμβάλλει στην κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου. Προκειμένου να διερευνηθεί η επικαλούμενη άμεση διασύνδεση των δύο αυτών αξόνων προτεραιότητας της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, η συγκεκριμένη έρευνα αντλεί πληροφορίες από δύο πεδία: α. Το πεδίο της Φύσης της Επιστήμης, και β. Το πεδίο της εννοιολογικής κατανόησης και της ενδεχόμενης διασύνδεσής της με τη Φύση της Επιστήμης.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, γίνεται επισκόπηση δεδομένων από εμπειρικές έρευνες οι οποίες ασχολήθηκαν με τη διερεύνηση άμεσων συνδέσεων μεταξύ της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης. Για την αναζήτηση των συγκεκριμένων ερευνητικών προσπαθειών, έγινε αναζήτηση στη βάση δεδομένων Scopus, όπου με τη χρήση συγκεκριμένων λέξεων κλειδιών και τον καθορισμό συγκεκριμένων κριτηρίων, οδηγηθήκαμε στον εντοπισμό οκτώ άρθρων, που σχετίζονταν με το θέμα της αναζήτησής μας. Μέσα από δευτερογενή αναζήτηση, εντοπίστηκαν ακόμα 13 άρθρα. Η προσεκτική μελέτη αυτών των 21 ερευνών, μας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι μόνο οι επτά έρευνες περιείχαν κατάλληλο σχεδιασμό για την απάντηση των ερευνητικών τους ερωτημάτων.

Το γενικότερο συμπέρασμα που προέκυψε από την αναζήτηση, είναι ότι, παρόλο που επικρατεί η πεποίθηση ότι το θεωρητικό επιχείρημα των Driver et al. (1996) για την άμεση διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης ισχύει, εντούτοις φαίνεται ότι δεν τυγχάνει επαρκούς εμπειρικής στήριξης. Με άλλα λόγια, φάνηκε ότι τελικά είναι πολύ περιορισμένος ο αριθμός των ερευνών που επιχείρησαν μέσα από κατάλληλο μεθοδολογικό σχεδιασμό να μελετήσουν το εν λόγω ερευνητικό ερώτημα και να θεμελιώσουν αυτή τη διάχυτη υπόθεση. Ως εκ τούτου, τα συμπεράσματα αυτών των ερευνών φαίνεται ότι δεν οδηγούν σε μια ξεκάθαρη κατεύθυνση, αφού παρουσιάζουν συγκρουόμενα αποτελέσματα. Μέσα από τα ευρήματα της επισκόπησης της σχετικής βιβλιογραφίας αναδύεται η ανάγκη για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση κατάλληλων εμπειρικών ερευνών

που να διερευνούν την άμεση διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.

Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο οδηγούμαστε μέσα από τη θεωρητική επισκόπηση, είναι η ενίσχυση του επιχειρήματος των Ding, Chabay & Sherwood (2013), οι οποίοι επισημαίνουν ότι η ερμηνεία του όρου «εννοιολογική κατανόηση» δεν είναι αποσαφηνισμένη, αφού ο κάθε ερευνητής μπορεί να την ορίσει λειτουργικά με διαφορετικό τρόπο. Αυτή η έλλειψη συναίνεσης, επαληθεύτηκε μέσα από τη μελέτη των ερευνών που προέκυψαν από την αναζήτησή μας, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις διαπιστώθηκε ότι ο βαθμός εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών αξιολογήθηκε με εντελώς διαφορετικό τρόπο. Λόγω ακριβώς αυτής της ασυνέπειας, στο πλαίσιο αυτής της ερευνητικής προσπάθειας υιοθετείται μια εναλλακτική, πιο εμπλουτισμένη, θεώρηση του ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης, η οποία προτείνεται από τους Papadouris & Constantinou (2017). Σύμφωνα με τους συγκεκριμένους ερευνητές, για να θεωρείται εννοιολογικά επαρκής ένας μαθητής, εκτός από το να μπορεί να εφαρμόζει κάποιες επιστημονικές έννοιες κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων, πρέπει επιπλέον να είναι σε θέση να κατανοεί τις επιστημολογικές διαστάσεις της κάθε έννοιας (κατανόηση της οντολογικής υπόστασης της κάθε έννοιας και της επιστημολογικής της αξίας).

### **1.1. Συνεισφορά της παρούσας έρευνας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εμπλουτισμός της υφιστάμενης τεχνογνωσίας σχετικά με το αν η κατανόηση βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης από μέρους των μαθητών, συνεισφέρει στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησής τους, η οποία περιλαμβάνει τις δύο διακριτές διαστάσεις που περιγράφηκαν πιο πάνω. Η έρευνα επικεντρώνεται στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Στο πλαίσιο της διερεύνησης του συγκεκριμένου θέματος, πραγματοποιήθηκαν δύο επιμέρους μελέτες οι οποίες αποσκοπούσαν στην αξιολόγηση διακριτών ερευνητικών ερωτημάτων και η κάθε μια από τις οποίες συνέβαλε, με τον δικό της τρόπο, στη μελέτη του ζητήματος. Σημαντική επιδίωξη της έρευνας, ήταν ο ορθός σχεδιασμός των επιμέρους μελετών, προκειμένου να απαντηθούν με όσο το δυνατό περισσότερη αξιοπιστία τα ερωτήματά της. Για αυτό το λόγο, θεωρήθηκε απαραίτητα αναγκαία η ύπαρξη τόσο πειραματικής ομάδας όσο και ομάδας ελέγχου, οι οποίες διέφεραν ως προς τα γνωστικά αντικείμενα που διδάχθηκαν, στην κάθε μελέτη ξεχωριστά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Βιβλιογραφική Επισκόπηση

#### 2.1. Η Φύση της Επιστήμης ως βασική μαθησιακή επιδίωξη

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους της διδακτικής των φυσικών επιστημών είναι η δημιουργία επιστημονικά εγγράμματων πολιτών (AAAS, 1990). Για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαίδευσης των μαθητών, αποτελεί η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (NRC, 1996), η οποία αποτελεί πεδίο έρευνας για πολλούς ερευνητές τις τελευταίες δεκαετίες. Με τον όρο Φύσης της επιστήμης, αναφερόμαστε στην κατανόηση του τρόπου παραγωγής, δόμησης και τεκμηρίωσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών (Lederman, 2007), και η σημασία της ένταξης της στο πλαίσιο της διδασκαλίας έχει τονιστεί κατ' επανάληψη (Rudolph, 2000; Osborne, Collins, Ratcliffe Millar & Duschl, 2003).

##### 2.1.1. Η εξέλιξη του διδακτικού περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης, στο πέρασμα του χρόνου

Είναι ευρέως γνωστό ότι το περιεχόμενο της Φύσης της επιστήμης προέρχεται από το πεδίο της φιλοσοφίας της επιστήμης, το οποίο όμως μετασχηματίζεται αναλόγως προκειμένου να μπορεί να εφαρμοστεί στο πεδίο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και να γίνει κατανοητό στους μαθητές. Παρόλο που στο πεδίο της φιλοσοφίας της επιστήμης, υπάρχουν πολλά ανοικτά και πολύπλοκα ζητήματα, που ακόμα και οι ίδιοι οι φιλόσοφοι έρχονται σε αντιπαράθεση μεταξύ τους (Alters, 1997), εντούτοις το γεγονός αυτό δεν αποτελεί επιχείρημα για τον αποκλεισμό τέτοιου είδους θεμάτων από το πλαίσιο της διδασκαλίας. Αντίθετα, φαίνεται μέσα από έρευνες ότι η εφαρμογή και η κατανόηση από πλευράς μαθητών, απλοποιημένων και βασικών στοιχείων για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης είναι σε μεγάλο βαθμό εφικτή (Smith, Lederman, Bell, McComas & Clough, 1997; Eflin, Glennan & Reisch, 1999). Ένα σχετικό επιχείρημα προβάλλει ο Hodson (2009), ο οποίος αναφέρει ότι ένα από τα ανοικτά ζητήματα που υπάρχουν στο πεδίο της φιλοσοφίας της επιστήμης είναι η διάκριση της επιστήμης από τη ψευδοεπιστήμη και η δυσκολία ορισμού κριτηρίων που να τα διαχωρίζει. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τον Hodson, οι μαθητές έχουν την ανάγκη να έχουν έστω και μια απλοποιημένη απάντηση στο ερώτημα «τι είναι επιστήμη;» και «ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της;». Ακόμα όμως και να δοθεί αυτός ο απλοποιημένος ορισμός για 'χάριν' της εκπαίδευσης, οι φιλόσοφοι θα συνεχίσουν να τον επεξεργάζονται, μέχρις ότου να ικανοποιήσει και τις απαιτήσεις τους. Λόγω των πιο πάνω πολύπλοκων φιλοσοφικών συζητήσεων, συνειδητά στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το

θεωρητικό υπόβαθρο επικεντρώνεται στο πεδίο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, όπου τέτοιου είδους ζητήματα για τη Φύση της Επιστήμης, τυγχάνουν διαχείρισης σε μεγαλύτερο βαθμό.

Το περιεχόμενο της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης, φαίνεται ότι είναι δυναμικό, αφού παρόλο που ξεκίνησε να υπάρχει συζήτηση για αυτό από το 1900, εντούτοις ακόμα και σήμερα επιδέχεται διάφορες τροποποιήσεις. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Abd-El-Khalick & Lederman (2000), τη δεκαετία του 1900, όπου ξεκίνησε η συζήτηση για τη διδασκαλία θεμάτων που αφορούσαν στον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης, η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης ταυτιζόταν με την κατανόηση της επιστημονικής μεθόδου. Τη δεκαετία του 1960, το περιεχόμενο της συγκεκριμένης μαθησιακής επιδίωξης αφορούσε περισσότερο στην έρευνα και στις επιστημονικές δεξιότητες όπως την παρατήρηση, την υπόθεση, την εξαγωγή συμπερασμάτων, την ερμηνεία δεδομένων και τον σχεδιασμό πειραμάτων. Την επόμενη δεκαετία και συγκεκριμένα το 1974, έγινε η πρώτη προσπάθεια ορισμού της Φύσης της Επιστήμης από το Κέντρο Ενοποιημένης Εκπαίδευσης Φυσικών Επιστημών στο Πανεπιστήμιο του Ohio (Center of Unified Science Education at Ohio State University). Σύμφωνα με τον συγκεκριμένο ορισμό, η επιστημονική γνώση χαρακτηρίζεται ως αβέβαιη, δημόσια, αναπαραγόμενη, πιθανή, αποτέλεσμα ανθρώπινων προσπαθειών, εξαρτώμενη από το ιστορικό πλαίσιο, μοναδική, ολιστική και βασισμένη σε εμπειρικά δεδομένα. Τη δεκαετία του 1980, ο πιο πάνω ορισμός εμπλουτίστηκε με στοιχεία από τη ψυχολογία (υποκειμενικός χαρακτήρας παρατηρήσεων και ρόλος ανθρώπινης δημιουργικότητας κατά την ανάπτυξη επιστημονικών εξηγήσεων) και την κοινωνιολογία (κοινωνική δομή της επιστημονικής οργάνωσης και αξία κοινωνικής συζήτησης για την επικύρωση της επιστημονικής γνώσης). Ένας εναλλακτικός ορισμός της Φύσης της Επιστήμης δόθηκε το 1982 από το NSTA, σύμφωνα με τον οποίο ένα επιστημολογικά ενημερωμένο άτομο έπρεπε να είναι σε θέση να κατανοεί τον εμπειρικό και αβέβαιο χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης, καθώς και να εκτιμά τον ρόλο των θεωριών και της διερεύνησης στην επιστήμη. Οκτώ χρόνια αργότερα, σύμφωνα με την ιστορική αναδρομή των Abd-El-Khalick και Lederman, τονίστηκε ότι έπρεπε να δίνεται έμφαση στην εξάρτηση της επιστήμης από τις αποδείξεις, στο ότι οι επιστημονικές δραστηριότητες είναι υποκειμενικές, καθώς και στο ότι οι επιστήμονες διεξάγουν τις έρευνες τους μέσα σε συγκεκριμένο πλαίσιο ερμηνειών (California Department of Education, 1990). Την ίδια περίοδο, μια εναλλακτική θεώρηση προτάθηκε από το AAAS (1990), όπου τονίστηκαν τα τρία βασικά στοιχεία της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης. Οι μαθητές σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση έπρεπε να αναγνωρίζουν: 1) ότι παρόλο που ο κόσμος είναι κατανοητός, εντούτοις η επιστήμη δεν μπορεί να δώσει ακόμα απαντήσεις για όλα τα



ερωτήματα, 2) ότι παρόλο που η επιστημονική διερεύνηση στηρίζεται σε λογικά και εμπειρικά δεδομένα, εντούτοις συμπεριλαμβάνει δημιουργικότητα και επινόηση εξηγήσεων και 3) τον κοινωνικό και πολιτικό χαρακτήρα της επιστήμης. Η επόμενη προσπάθεια προσδιορισμού του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης έγινε το 1996 από το National Science Education Standards. Συμφωνά με τη συγκεκριμένη θεώρηση, η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης πρέπει να περιλαμβάνει την κατανόηση του ιστορικού, αβέβαιου, εμπειρικού, λογικού και τεκμηριωμένου χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης, καθώς και την κατανόηση της επίδρασης των προσωπικών, κοινωνικών και πολιτιστικών πεποιθήσεων στη δημιουργία της επιστημονικής γνώσης.

Μια πιο πρόσφατη προσπάθεια προσδιορισμού του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης έγινε από τον McComas (2005), του οποίου η λίστα περιλάμβανε 9 πτυχές: 1. Η επιστήμη χρειάζεται και βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, 2. Δεν υπάρχει μόνο μια επιστημονική μέθοδος, 3. Η επιστημονική γνώση είναι αβέβαιη αλλά ανθεκτική, 4. Οι νόμοι και οι θεωρίες σχετίζονται αλλά είναι διαφορετικές μορφές επιστημονικής γνώσης, 5. Η επιστήμη εμπεριέχει δημιουργικότητα, 6. Η επιστήμη είναι υποκειμενική, 7. Υπάρχουν ιστορικές, πολιτισμικές και κοινωνικές επιρροές στην επιστήμη, 8. Η επιστήμη και η τεχνολογία αλληλοεπηρεάζονται αλλά είναι διακριτά πεδία, 9. Η επιστήμη και οι μέθοδοι της δεν μπορούν να απαντήσουν σε όλα τα ερωτήματα.

Ο Alshamrani (2008) με τη σειρά του, πρότεινε στο βιβλίο του μια λίστα με δώδεκα πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, οι οποίες πρέπει να διδάσκονται σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα, εισηγείται ότι οι μαθητές πρέπει να κατανοούν ότι: 1. Η επιστημονική γνώση δεν είναι απολύτως αντικειμενική, 2. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους, 3. Η επιστημονική γνώση είναι αβέβαιη αλλά ανθεκτική, 4. Η επιστημονική γνώση επηρεάζεται από την κοινωνία και την κουλτούρα, 5. Οι νόμοι και οι θεωρίες είναι διαφορετικά είδη γνώσης, 6. Η επιστημονική γνώση στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, 7. Δεν υπάρχει μια καθολικά αποδεκτή επιστημονική μέθοδος, 8. Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας, 9. Η επιστήμη δεν μπορεί να απαντήσει σε όλα τα ερωτήματα, 10. Υπάρχει συνεργασία για τη δημιουργία επιστημονικής γνώσης, 11. Διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας, 12. Τον ρόλο του πειράματος στην επιστήμη.

### **2.1.2 Συναινετική αντίληψη για τη διδασκαλία του περιεχομένου της Φύσης της επιστήμης (consensus view)**

Παρά την τροποποίηση του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης, τις τελευταίες δεκαετίες επικρατεί η πεποίθηση ότι υπάρχει σε ένα βαθμό συναίνεση σχετικά με το τι

πρέπει να διδάσκεται στους μαθητές, όσον αφορά το εν λόγω πεδίο. Το επιχείρημα αυτό ενισχύεται μέσα από τρεις έρευνες, η κάθε μια από τις οποίες εξέτασε με έναν διακριτό τρόπο το ενδεχόμενο της ύπαρξης κάποιων βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, τα οποία να μπορούν να διδαχθούν σε μαθητές.

Η πρώτη σχετική ερευνητική προσπάθεια, η οποία υποστηρίζει την ύπαρξη της συναίνεσης, έγινε το 1998 από τους McComas & Olson, οι οποίοι ήθελαν να διερευνήσουν αν υπήρχαν κοινοί στόχοι στα Αναλυτικά Προγράμματα διαφορετικών χωρών, όσον αφορά στη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης. Μέσα από την ανάλυση 8 εγχειριδίων, τα οποία χρησιμοποιούνταν σε τέσσερις πολιτείες της Αμερικής, την Αυστραλία, την Αγγλία, την Νέα Ζηλανδία και τον Καναδά, φάνηκε ότι υπήρχε σε μεγάλο βαθμό συμφωνία ως προς τις μαθησιακές επιδιώξεις που σχετίζονταν με τη Φύση της Επιστήμης. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι υπήρχε συμφωνία ανάμεσα στα διάφορα αναλυτικά προγράμματα σχετικά με τέσσερις βασικές διαστάσεις: α. δηλώσεις για τη Φύση της Επιστήμης που προέκυπταν από το πεδίο της φιλοσοφίας της επιστήμης, β. κοινωνιολογικές δηλώσεις σχετικά με ποιοι είναι οι επιστήμονες και το τι κάνουν, γ. ψυχολογικές δηλώσεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά των επιστημόνων και δ. δηλώσεις από την ιστορία της επιστήμης. Σε μια άλλη έρευνα, οι McComas, Clough & Almazroa (1998) επεξεργάστηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό τα ευρήματα της έρευνα των McComas & Olson (1998) και κατέληξαν στη δημοσίευση μιας λίστας με δεκατέσσερις πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, για τις οποίες φαίνεται να υπήρχε ομοφωνία στα οκτώ αναλυτικά προγράμματα που μελετήθηκαν. Η συγκεκριμένη λίστα περιλάμβανε τις ακόλουθες ιδέες:

1. Η επιστημονική γνώση έχει αβέβαιο χαρακτήρα
2. Η επιστημονική γνώση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, αλλά όχι ολοκληρωτικά σε παρατηρήσεις, πειραματικές ενδείξεις, λογικά επιχειρήματα και σκεπτικισμό
3. Δεν υπάρχει μόνο ένας τρόπος για να κάνεις επιστήμη (δεν υπάρχουν καθολικά βήματα μιας επιστημονικής μεθόδου)
4. Η επιστήμη προσπαθεί να επεξηγήσει τα φυσικά φαινόμενα
5. Οι νόμοι και οι θεωρίες επιτελούν διαφορετικούς ρόλους στην επιστήμη. Οι θεωρίες δεν γίνονται νόμοι ακόμα και με επιπρόσθετες αποδείξεις
6. Άτομα από διαφορετικές κουλτούρες συμβάλλουν στην επιστήμη
7. Η καινούρια γνώση πρέπει να δημοσιοποιείται ξεκάθαρα και ανοικτά
8. Οι επιστήμονες απαιτούν ακριβή τήρηση αρχείων, αξιολόγηση από άλλους επιστήμονες και αναπαραγωγή
9. Οι παρατηρήσεις είναι αντικειμενικές (theory laden)
10. Οι επιστήμονες είναι δημιουργικοί

11. Η ιστορία της επιστήμης αποκαλύπτει τόσο τον εξελικτικό όσο και τον επαναστατικό χαρακτήρα της επιστήμης
12. Η επιστήμη αποτελεί μέρος των κοινωνικών και πολιτιστικών παραδόσεων
13. Η επιστήμη και η τεχνολογία αλληλοεπηρεάζονται
14. Οι επιστημονικές ιδέες επηρεάζονται από τον κοινωνικό και ιστορικό τους χώρο

Σε μια άλλη έρευνα, οι Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz (2002) έθεσαν τρία κριτήρια με βάση τα οποία επέλεξαν τις πτυχές της Φύσης της Επιστήμης που θεωρούσαν ότι είναι κατάλληλες για μαθητές λυκείου (K-12). Τα κριτήρια αυτά προϋπέθεταν ότι οι πτυχές έπρεπε: 1) να ήταν κατανοητές στους μαθητές, 2) να συνεισέφεραν στη διαχείριση κοινωνικό-επιστημονικών ζητημάτων, και τέλος 3) να υπήρχε για αυτές ικανοποιητικός βαθμός συναίνεσης ανάμεσα σε ιστορικούς και φιλοσόφους. Με βάση αυτά τα κριτήρια οι Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz κατέληξαν σε επτά διακριτές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης: α) Εμπειρικός χαρακτήρας επιστημονικής γνώσης - Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας, β) Διάκριση θεωριών και νόμων, γ) Ρόλος δημιουργικότητας επιστημόνων, δ) Υποκειμενικός χαρακτήρας επιστημονικής γνώσης, ε) Κοινωνική επίδραση επιστημονικής γνώσης, ε) Ποικιλία επιστημονικών μεθόδων και ζ) Αβέβαιος χαρακτήρας επιστημονικής γνώσης. Σε μια σχετικά πρόσφατη έρευνα τους οι Niaz & Maza (2011) όπου μελέτησαν διάφορα σχολικά εγχειρίδια χημείας, παρατήρησαν ότι υπάρχουν κάποιες επιπλέον πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, από αυτές που αναφέρουν οι Lederman et al (2002), για τις οποίες φαίνεται να υπάρχει συναίνεση. Συγκεκριμένα, οι Niaz & Maza προσέθεσαν ακόμα τρεις διαστάσεις: α. Η επιστημονική διαδικασία χαρακτηρίζεται από τον ανταγωνισμό αντίθετων θεωριών, β. Οι επιστήμονες μπορούν να ερμηνεύσουν τα ίδια πειραματικά δεδομένα με διαφορετικό τρόπο και γ. Κάποιες φορές η ανάπτυξη των επιστημονικών θεωριών στηρίζεται σε μη συνεπή ευρήματα.

Τέλος, μια επιπρόσθετη προσπάθεια (Delphi Study), η οποία αποδεικνύει ότι πράγματι υπάρχει συναίνεση για τα χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, είναι αυτή των Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl (2003). Σε αυτή την περίπτωση, συλλέχθηκαν δεδομένα μέσω ερωτηματολογίων από ειδικούς διαφορετικών πεδίων (επιστήμονες, ιστορικούς, φιλόσοφους, κοινωνιολόγους της επιστήμης, εκπαιδευτικούς, άτομα που ασχολούνταν με τη βελτίωση της δημόσιας κατανόησης για την επιστήμη) προκειμένου να διαφανεί ποια στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης θεωρούνται πιο κατάλληλα για τους μαθητές. Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων, φάνηκε ότι υπήρχε συναίνεση ανάμεσα στους ειδικούς για εννιά πτυχές: 1) Επιστημονικές μέθοδοι και κριτική αξιολόγηση, 2) Δημιουργικότητα, 3) Ιστορική ανάπτυξη επιστημονικής γνώσης, 4) Επιστήμη

και Ερωτήσεις (Science and Questioning), 5) Ποικιλία επιστημονικού τρόπου σκέψης, 6) Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, 7) Επιστήμη και βεβαιότητα, 8) Υποθέσεις και Προβλέψεις και 9) Συνεργασία.

Μέσα από τα δεδομένα των πιο πάνω ερευνών, φαίνεται ότι παρόλο που υπάρχουν στη βιβλιογραφία αρκετές ‘διαφορετικές’ λίστες με τα χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης τα οποία μπορούν να διδαχθούν σε μαθητές, εντούτοις σε ένα μεγάλο βαθμό υπάρχει αλληλοεπικάλυψη ανάμεσα σε αυτές (Lederman, 2007).

### **2.1.3. Κριτική στη συναινετική αντίληψη για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης**

Σύμφωνα με τον Allchin (2017), το consensus view για τη Φύση της Επιστήμης φαίνεται ότι πλέον δεν ισχύει, εφόσον πολλοί ερευνητές άσκησαν αρνητική κριτική προς αυτό (Allchin, 2013; Clough, 2007; Elby & Hammer, 2001 κτλ.).

Μια από τις κριτικές που ασκείται στη λίστα με τις πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, σύμφωνα με τον Allchin (2012) είναι ότι πολλά χαρακτηριστικά της επιστημονικής πρακτικής δεν προσεγγίζονται, όπως για παράδειγμα οι διάφοροι τρόποι ανεπίσημης επικοινωνίας ανάμεσα στους επιστήμονες, καθώς και ότι δεν παρέχεται η δυνατότητα στους μαθητές να μάθουν χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης πέραν από αυτά που συμπεριλαμβάνονται στη λίστα. Επιπρόσθετα, ο Allchin (2017, 2012) υποστηρίζει ότι δεν είναι ξεκάθαρος ο λόγος που πρέπει η εκπαίδευση να ενσωματώσει τα χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης που συμπεριλαμβάνονται στη λίστα, στις διδασκαλίες της, καθώς και το ποιες από τις πτυχές πρέπει να διδαχθούν και ποιες όχι.

Με τη σειρά τους οι Hodson & Wong (2017) αναφέρουν τέσσερα σημεία κριτικής προς τη λεγόμενη συναινετική αντίληψη για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης (consensus view). 1. Αρχικά, υποστηρίζουν ότι το γεγονός ότι οι διάφορες λίστες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία επικεντρώνονται στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, δηλαδή στο αποτέλεσμα της επιστημονικής διαδικασίας, παραγκωνίζοντας όμως τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης, αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα. Σύμφωνα με τους εν λόγω ερευνητές, η διαδικασία αλλά και το αποτέλεσμα της επιστημονικής διερεύνησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένα και μια διδακτική προσπάθεια που αποκλείει τις επιστημονικές μεθόδους είναι ατελής. 2. Ένα άλλο σημείο κριτικής είναι το ότι οι διάφορες λίστες παραμελούν σημαντικά θέματα που σχετίζονται με τη δομή και τη μορφή της επιστημονικής γλώσσας. Στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της Φύσης της Επιστήμης, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση κατά τη διδασκαλία σε μαθητές, αφού θα τους βοηθήσει να κατανοήσουν τον σκοπό, τις διαδικασίες, τα αποτελέσματα, τις εφαρμογές και τα

επιχειρήματα της επιστημονικής πρακτικής. 3. Επιπλέον, φαίνεται ότι η συναινετική αντίληψη για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης διαστρεβλώνει τα πραγματικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής πρακτικής. Για παράδειγμα, η διάκριση της παρατήρησης και της ερμηνείας, σύμφωνα με τους Hodson & Wong (2017), δεν είναι πάντα τόσο ξεκάθαρη, αφού στις περιπτώσεις που μια θεωρία εδραιωθεί, τότε οι παρατηρήσεις που γίνονται σχετικά με αυτή, πάντα εμπεριέχουν θεωρητικές υποθέσεις (π.χ. σύμφωνα με τη θεωρία της διαλυτότητας παρατηρούμε ότι κάποια πράγματα διαλύονται, ενώ προηγουμένως τα βλέπαμε να εξαφανίζονται). Επιπρόσθετα, όσον αφορά στη δήλωση για τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης, οι μαθητές πιθανόν να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι όλη η επιστημονική γνώση είναι προσωρινή. Όμως στην πραγματικότητα στην πλειοψηφία τους οι θεωρίες οι οποίες προσεγγίζονται κατά τις εκπαιδευτικές διαδικασίες, είναι θεμελιωμένες. Έτσι, οι Hodson & Wong προτείνουν ότι οι μαθητές, σαν επιστημονικά εγγράμματοι πολίτες, πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν ποιες γνώσεις θεωρούνται βέβαιες και ποιες όχι. Ένα άλλο διαστρεβλωμένο σημείο στη λίστα με τις πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, είναι η επίδραση της κοινωνίας στην επιστημονική γνώση. Παρόλο που αυτή η δήλωση είναι αληθής, εντούτοις δεν παρέχονται άλλες πληροφορίες στους εκπαιδευτικούς ή τους μαθητές για το ποια συγκεκριμένα σημεία επηρεάζονται από την κοινωνία (π.χ. μέθοδοι διερεύνησης, θέματα που έχουν προτεραιότητα για διερεύνηση κτλ. ) αλλά και για το αν αυτή η επίδραση είναι ευεργετική ή επιβλαβής. 4. Το τελευταίο και ίσως σημαντικότερο σημείο της κριτικής των Hodson & Wong, είναι τα γενικευμένα χαρακτηριστικά της επιστήμης, τα οποία προωθούνται μέσα από τη συναινετική αντίληψη, τα οποία όμως αποτυγχάνουν να αναδείξουν την πολυπλοκότητα και το εύρος των επιστημονικών πρακτικών που υπάρχουν ανάμεσα στα διάφορα επιστημονικά πεδία. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι αυτή η διαφοροποίηση πρέπει να γίνει κατανοητή από τους μαθητές και ότι πρέπει να σταματήσει η προώθηση της ιδέας της ύπαρξης μιας επιστημονικής μεθόδου.

#### **2.1.4. Εναλλακτικές προσεγγίσεις για τη Φύση της Επιστήμης**

Σαν επακόλουθο της κριτικής που ασκήθηκε στη λεγόμενη συναινετική αντίληψη της Φύσης της Επιστήμης, διάφοροι ερευνητές επιχείρησαν να προτείνουν εναλλακτικές λύσεις για τι πρέπει να διδάσκεται στους μαθητές σχετικά με τη συγκεκριμένη μαθησιακή επιδίωξη. Μια πρώτη προσπάθεια έγινε από τον Sandoval (2005) ο οποίος αναφέρεται στα «practical epistemologies», τα οποία βασίζονται πάνω σε τέσσερις ιδέες: 1. Η επιστημονική γνώση επινοείται από τους επιστήμονες. 2. Διαφοροποίηση επιστημονικών πρακτικών ανάλογα με

το επιστημονικό πεδίο 3. Διαφοροποίηση επιστημονικής γνώσης ανάλογα με την ερμηνευτική και προβλεπτική δυνατότητα, καθώς και τη σχέση της με τον παρατηρήσιμο κόσμο. 4. Παρόλο που δεν μπορούμε να θεωρήσουμε μια επιστημονική θεωρία ως απόλυτα ορθή, εντούτοις δεν πρέπει να θεωρούμε όλη την επιστημονική γνώση αβέβαιη.

Οι Irzik & Nola (2011) πρότειναν μια άλλη προσέγγιση, λεγόμενη ως «family resemblance among the sciences», η οποία δεν περιλαμβάνει έναν ορισμό για τη Φύση της Επιστήμης, αλλά στοιχεία που αφορούν στα διάφορα επιστημονικά πεδία. Σύμφωνα με αυτή τη προσέγγιση, τα γνωστικά χαρακτηριστικά της επιστήμης χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες: 1. δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης (activities) π.χ. παρατήρηση, πειραματισμός, συλλογή δεδομένων, διατύπωση ερωτημάτων κτλ. 2. Στόχοι και αξίες (aims and values) π.χ. στόχοι: ανάπτυξη ερμηνειών, διατύπωση υποθέσεων, αξίες: εμπειρική στήριξη, απλότητα, συνέπεια. 3. Μεθοδολογία και μεθοδολογικοί κανόνες (methodologies and methodological rules) π.χ. μεθοδολογία: επαγωγικός και απαγωγικός συλλογισμός, στατιστικές μέθοδοι, μεθοδολογικοί κανόνες: διατύπωση θεωριών και μοντέλων που να μπορούν να αξιολογηθούν, αν δύο θεωρίες εξηγούν κατάλληλα το ίδιο φαινόμενο, τότε επιλέγουμε αυτή που έχει μεγαλύτερη ερμηνευτική αξία και 4. Προϊόντα - επιστημονική γνώση (products – scientific knowledge) π.χ. θεωρίες, νόμοι, πειραματικά δεδομένα κτλ. Το 2014 οι Irzik & Nola αναθεώρησαν την προσέγγιση τους, διαχωρίζοντας την επιστήμη σε δύο διαστάσεις, τη γνωστική, η οποία αφορά στο επιστημονικό σύστημα της σκέψης και της πρακτικής και την κοινωνική, η οποία περιλαμβάνει το θεσμικό σύστημα. Στην περίπτωση της γνωστικής διάστασης, ισχύουν οι τέσσερις κατηγορίες που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Στην περίπτωση της κοινωνικής διάστασης, τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής πρακτικής χωρίζονται σε άλλες τέσσερις κατηγορίες: 1. Επαγγελματικές δραστηριότητες (professional activities) π.χ. δημοσίευση αποτελεσμάτων, συμμετοχή σε συνέδρια 2. Η διαδικασία πιστοποίησης και διάδοσης της γνώσης (the system of knowledge certification and dissemination) π.χ. αξιολόγηση από άλλον ερευνητή, δημοσίευση, συμμετοχή σε συνέδρια, 3. Επιστημονικό ήθος (the scientific ethos) π.χ. κομμουνισμός, πνευματική ειλικρίνεια και 4. Κοινωνικές αξίες (social values) π.χ. πλεονεκτήματα κοινωνίας και περιβάλλοντος από τη συμμετοχή στην επιστήμη.

Την μετονομασία του Nature of Science (NOS) σε Features of Science (FOS) πρότεινε ο Matthews (2012), ο οποίος εντόπισε διάφορα μειονεκτήματα στη λίστα της Φύσης της Επιστήμης, όπως το ότι δεν λαμβάνει υπόψη της τα ανοικτά ζητήματα που υπάρχουν στην ιστορία και την φιλοσοφία της επιστήμης, ότι δεν λαμβάνει υπόψη τις διαφορές ανάμεσα στα επιστημονικά πεδία, και ότι δεν μπορεί να αξιολογηθεί η κατανόηση των μαθητών για το συγκεκριμένο πεδίο μέσω κάποιων μη ξεκάθαρων δηλώσεων για την

επιστημονική γνώση. Ο ίδιος υποστηρίζει ότι τα διάφορα χαρακτηριστικά της επιστήμης, πρέπει να τυγχάνουν επεξεργασίας και κριτικής από τους μαθητές και όχι απλά να στοχεύουμε στην απλή εκμάθησή τους. Μάλιστα, ο Matthews προτείνει τον εμπλουτισμό των πτυχών της Φύσης της Επιστήμης με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: πειραματισμός, εξιδανίκευση, μοντελοποίηση, μαθηματοποίηση, επιλογή θεωρίας και λογική, ρεαλισμός Vs ινστρουμενταλισμός, αξίες και επίδραση ιδεών.

Μια διαφορετική αντίληψη έχει ο Allchin (2017, 2013), ο οποίος εκφράζει την άποψη ότι το Nature of Science πρέπει να μετονομαστεί σε Whole Science. Ο ίδιος προτείνει μια λίστα με πολλές διαστάσεις για τη Φύση της Επιστήμης (observations and measurements, experiments, instruments, patterns of reasoning, historical dimensions, human dimensions, institutions, biases, economics/funding, communication), η κάθε μια από τις οποίες χωρίζεται σε επιμέρους υποκατηγορίες. Παρόλο που αντιλαμβάνεται ότι οι διαστάσεις οι οποίες προτείνει είναι πολυάριθμες, εντούτοις υποστηρίζει ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να επιλέγουν να παρουσιάσουν κάποιες από αυτές τις διαστάσεις, ανάλογα με την ιστορική ή σύγχρονη περίπτωση που μελετάτε κάθε φορά. Στόχος αυτής της προσέγγισης, σε αντίθεση με τη συναινετική αντίληψη η οποία δεν στηρίζεται σε κάποιο συγκεκριμένο στόχο, σύμφωνα με τον Allchin (2012), είναι το να καταστήσει τους μαθητές ικανούς να αξιολογούν την αξιοπιστία της επιστημονικής γνώσης, προκειμένου να ξέρουν τι μπορούν να εμπιστευτούν και τι όχι. Ο ίδιος διαχωρίζει την αξιοπιστία της επιστήμης σε τρεις διαστάσεις: 1. Παρατηρήσιμα στοιχεία (observational evidence) π.χ. ζητήματα ακρίβειας, χρήση οργάνων 2. Ζητήματα εννοιολόγησης (issues of conceptualization) π.χ. ιστορικές διαστάσεις, ανθρωπιστικές διαστάσεις και 3. Κοινωνικοπολιτισμικές πτυχές (sociocultural issues) π.χ. προκαταλήψεις, οικονομία κτλ. Ο Allchin επίσης αναφέρει ότι οι μαθητές δεν πρέπει να μαθαίνουν απλά κάποιες έννοιες σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, αλλά πρέπει να σκέφτονται με βάση τη Φύση της Επιστήμης (π.χ. να διερωτούνται για το πώς ξέρουμε κάτι). Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να αναπτύξουν διάφορες δεξιότητες και γνώσεις, οι οποίες θα τους επιτρέψουν να μαθαίνουν για τη Φύση της Επιστήμης και εκτός τάξης (Allchin, 2013, 2012) καθώς και να αξιολογούν διάφορες επιστημονικές αξιώσεις, λαμβάνοντας προσωπικές ή κοινωνικές αποφάσεις, έχοντας τη δυνατότητα να εντοπίσουν πιθανά λάθη που οφείλονται σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Μια άλλη εναλλακτική πρόταση προτείνεται από τους Hodson & Wong (2017), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η λίστα με τις διάφορες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης πρέπει να εμπλουτιστεί με πιο φιλοσοφικές προσεγγίσεις και πιο αυθεντικές σύγχρονες επιστημονικές πρακτικές (understanding scientific practice). Συγκεκριμένα, υποστηρίζουν ότι κατά τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αντίληψη των ίδιων

των επιστημόνων για τις επιστημονικές πρακτικές, καθώς και των φιλόσοφων, των κοινωνιολόγων της επιστήμης και των ιστορικών. Επίσης, πρέπει οι εκπαιδευτικοί μέσα από διάφορα παραδείγματα της σύγχρονης επιστήμης (learning about, from and with scientists) να αναπτύξουν στους μαθητές την κατάλληλη γνώση, δεξιότητες, στάσεις και αξίες, προκειμένου να τους καταστήσουν επιστημονικά εγγράμματους. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει κατά τη διδασκαλία να δίνεται έμφαση στην επιστημονική γλώσσα, στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης, στον ρόλο της κάθε επιστημονικής γνώσης, στην κοινωνική επίδραση της επιστημονικής γνώσης, στη συνεργασία των επιστημόνων και στις αξίες και συμβάσεις της επιστημονικής πρακτικής.

### **2.1.5. Τοποθέτηση που υιοθετείται στο πλαίσιο της έρευνας, όσον αφορά στη συναινετική αντίληψη για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης**

Παρόλο που σε κάποιο βαθμό θεωρούμε εύλογες τις ανησυχίες που εξέφρασαν οι Allchin (2017) και Hodson & Wong (2017), όσον αφορά στο γεγονός ότι κατά τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης μέσα από τις διάφορες λίστες (consensus view) διαστρεβλώνονται τα πραγματικά χαρακτηριστικά και η πολυπλοκότητα της επιστήμης, εντούτοις ερχόμαστε να συμφωνήσουμε με τους Schwartz, Lederman & Abd-El-Khalick (2012), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι είναι ανέφικτο στο πλαίσιο μιας σχολικής τάξης να παρουσιαστεί η πραγματική διάσταση της Φύσης της Επιστήμης, εφόσον οι μαθητές είναι «παιδιά και όχι επιστήμονες ή φιλόσοφοι» (Schwartz, Lederman, & Abd-El-Khalick, 2012, p. 687). Οι μαθητές πρέπει να διδάσκονται σημαντικές πληροφορίες, οι οποίες να είναι κατάλληλες ανάλογα με το αναπτυξιακό τους επίπεδο.

Οι Schwartz, Lederman, & Abd-El-Khalick (2012) στο άρθρο τους, ασκούν κριτική στην προσέγγιση Whole Science του Allchin (2012), για το ότι παρουσιάζει τη Φύση της Επιστήμης σαν δεξιότητα παρά σαν γνώση και ότι την ταυτίζει με τον επιστημονικό εγγραμματισμό. Εκτός τούτου, υποστηρίζουν ότι η διαφοροποίηση που υπάρχει ανάμεσα στα επιστημονικά πεδία, για την οποία οι επικριτές της συναινετικής αντίληψης του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης κάνουν λόγο για το ότι δεν παρουσιάζεται, δεν είναι λειτουργική και κατάλληλη για το αναπτυξιακό επίπεδο των μαθητών.

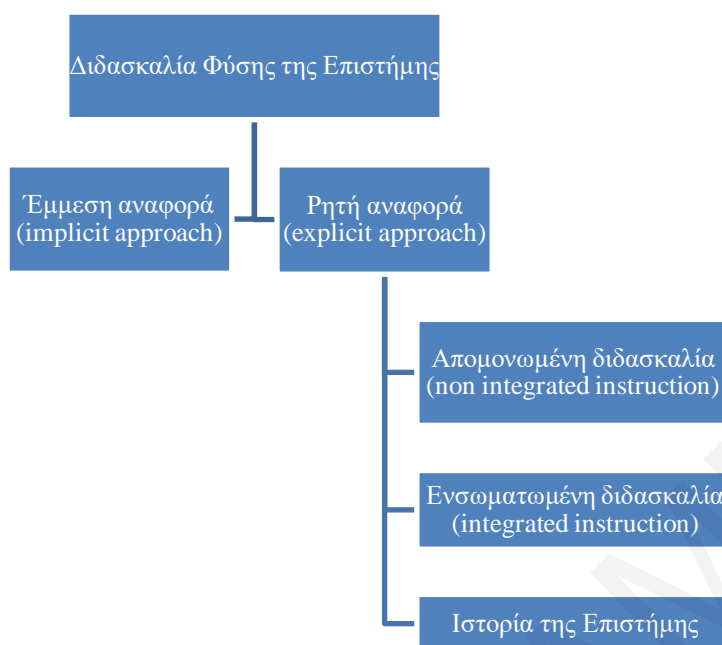
Εμείς με τη σειρά μας, στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας τασσόμαστε υπέρ της συναινετικής αντίληψης για το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης, αναγνωρίζοντας τα όποια μειονεκτήματα της.



### 2.1.6. Πότε και πώς διδάσκεται το περιεχόμενο της Φύσης της Επιστήμης

Ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα των ερευνητών που ασχολούνται με τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης, είναι η παραδοχή ότι η βελτίωση των λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης (Khishfe & Lederman, 2006; Seung, Bryan & Butler, 2009), απαιτεί τη ρητή αναφορά σε τέτοιου είδους στοιχεία κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (explicit approach) (Hanuscin, Akerson & Phillipson - Mower, 2006; Bell, Matkins & Gansneder, 2011; Sandoval, 2004). Το συγκεκριμένο εύρημα, καταρρίπτει την πεποίθηση που επικρατούσε πριν αρκετά χρόνια, σχετικά με το ότι η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες διερεύνησης μπορούσε να οδηγήσει αυθόρμητα στην κατανόηση για βασικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης (implicit approach).

Μετά την ευρεία παραδοχή της αποτελεσματικότητας της ρητής διδασκαλίας στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, οι ερευνητές στράφηκαν προς τη διερεύνηση αποτελεσματικών τρόπων διδασκαλίας (Διάγραμμα 1). Δύο διαδομένες μέθοδοι που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, σχετίζονται με τον βαθμό σύνδεσης της Φύσης της Επιστήμης με κάποιο επιστημονικό περιεχόμενο, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (ενσωματωμένη ή αποκομμένη διδασκαλία). Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της ενσωματωμένης διδασκαλίας (integrated approach), οι διδάσκοντες πρέπει να στοχεύουν συνειδητά στην ενσωμάτωση δραστηριοτήτων που αφορούν σε πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, παράλληλα με την επεξεργασία κάποιας θεματικής ενότητας σχετικά με την Επιστήμη. Αντίθετα, υπάρχουν ερευνητές (π.χ. Khishfe & Lederman, 2006) που υποστηρίζουν ότι η καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας επιτυγχάνεται ευκολότερα με την ανάλυση των πτυχών της, χωρίς την οποιοδήποτε σύνδεση τους με επιστημονικό περιεχόμενο (non-integrated approach). Μια γνωστή δραστηριότητα, κατά την οποία η συζήτηση για τη Φύση της Επιστήμης γίνεται σε πλαίσιο ανεξάρτητο από την επιστήμη, είναι η δραστηριότητα με τα ίχνη (tricky tracks) (Lederman & Abd-El Khalick, 1998). Μέσω του συγκεκριμένου παραδείγματος, γίνεται συζήτηση για τη διάκριση παρατήρησης-ερμηνείας, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά σε κάποιο επιστημονικό περιεχόμενο. Αντίθετα, η συζήτηση περιορίζεται στις παρατηρήσεις που προκύπτουν από το διάγραμμα (π.χ. υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη αποτυπωμάτων) και σε πιθανές ερμηνείες (π.χ. τα αποτυπώματα προέκυψαν από δύο είδη ζώων).



Διάγραμμα 1. Προσεγγίσεις διδασκαλίας πτυχών της Φύσης της Επιστήμης

Αρκετοί ερευνητές επιχείρησαν να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα των δύο πιο πάνω μεθόδων. Τα περισσότερα ευρήματα που προέκυψαν, φαίνεται να υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά ανάμεσα τους και ότι και οι δύο συμβάλλουν στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (Khishfe & Lederman, 2007, 2006; Bell, Matkins & Gansneder, 2011). Μάλιστα, κάποιοι ερευνητές όπως οι Seung, Bryan & Butler (2009) υποστηρίζουν ότι η μέθοδος της αποκομμένης διδασκαλίας των πτυχών της Φύσης της Επιστήμης και η μέθοδος της σύνδεσης της με κάποιο επιστημονικό περιεχόμενο, πρέπει να συνδυάζονται κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος, προκειμένου να βελτιωθεί η κατανόηση των μαθητών για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης.

Ένας άλλος αποτελεσματικός τρόπος διδασκαλίας πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, σχετίζεται με την αναφορά παραδειγμάτων από την ιστορία της Επιστήμης, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (Eflin, Glennan & Reisch, 1999; Lederman, 2007). Μέσα από τέτοιου είδους παραδείγματα αλλά και την ανάδειξη επιστημονικών λαθών, οι διδάσκοντες μπορούν να αναδείξουν βασικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, όπως τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης (Allchin, 2012). Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές βοηθούνται έτσι ώστε να ξεπεράσουν δύο βασικές δυσκολίες: α) απορρίπτουν την αλάνθαστη εικόνα της Επιστήμης και β) αναγνωρίζουν τη χρήση της δημιουργικότητας και της κρίσης των επιστημόνων κατά τις επιστημονικές πρακτικές.

Όσον αφορά στην ετοιμότητα των μαθητών να συμμετέχουν σε διδασκαλίες που περιλαμβάνουν στοχευόμενες συζητήσεις για πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, οι ερευνητές

εισηγούνται ότι αυτό μπορεί να γίνει από πολύ νωρίς. Όπως προκύπτει από εμπειρικές έρευνες, φαίνεται ότι οι μαθητές είναι ικανοί από μικρή ηλικία, ακόμα και από το νηπιαγωγείο, να κατανοήσουν κάποιες βασικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης μετά από τη συμμετοχή τους σε κατάλληλα σχεδιασμένη διδασκαλία (Akerson & Donnelly, 2010; Akerson, Nargund-Joshi, Weiland, Pongsanon & Avsar, 2014). Φυσικά, σύμφωνα με τον Abd- El- Khalick (2012), όσο αυξάνεται η ηλικία των μαθητών, πρέπει να αυξάνεται ανάλογα και ο βαθμός δυσκολίας και πολυπλοκότητας των στοιχείων που διδάσκονται.

### **2.1.7. Η σημαντικότητα της διδασκαλίας του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης**

Η κατανόηση στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, εκτός του ότι είναι σημαντική λόγω του περιεχομένου της, εντούτοις φαίνεται ότι συμβάλλει στην επίτευξη και άλλων στόχων. Συγκεκριμένα, οι Driver, Leach, Millar & Scott (1996) υποστηρίζουν, σε θεωρητικό επίπεδο, ότι η διδασκαλία τέτοιου είδους στοιχείων ενισχύει την επίτευξη πέντε διακριτών μαθησιακών επιδιώξεων. Σύμφωνα με το πρώτο τους επιχειρήμα, η Φύση της Επιστήμης είναι χρήσιμη για να κατανοήσουν οι μαθητές την επιστήμη και να είναι σε θέση να διαχειρίζονται τεχνολογικά προϊόντα και διαδικασίες της καθημερινής ζωής (χρηστικοί - ωφελμιστικοί λόγοι). Επίσης, σύμφωνα με τους συγκεκριμένους ερευνητές η κατανόηση αυτής της μαθησιακής επιδιώξης συμβάλλει στη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων σχετικά με κοινωνικοεπιστημονικά θέματα (δημοκρατικοί λόγοι). Το επόμενο τους επιχειρήμα, σχετίζεται με την εκτίμηση της αξίας της επιστήμης σαν μέρος της σύγχρονης κοινωνίας (πολιτισμικοί λόγοι). Επιπρόσθετα, θεωρείται ότι επιστημολογική επάρκεια για τη Φύση της Επιστήμης είναι σημαντική γιατί με αυτό τον τρόπο οι μαθητές είναι σε θέση να κατανοήσουν το μοντέλο της επιστημονικής κοινότητας, το οποίο ενσωματώνει ηθικούς κανόνες που προέρχονται από την κοινωνία (ηθικοί λόγοι). Τέλος, σύμφωνα με τους Driver, Leach, Millar & Scott (1996) η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της επιστήμης ενισχύει τη μάθηση του εννοιολογικού περιεχομένου.

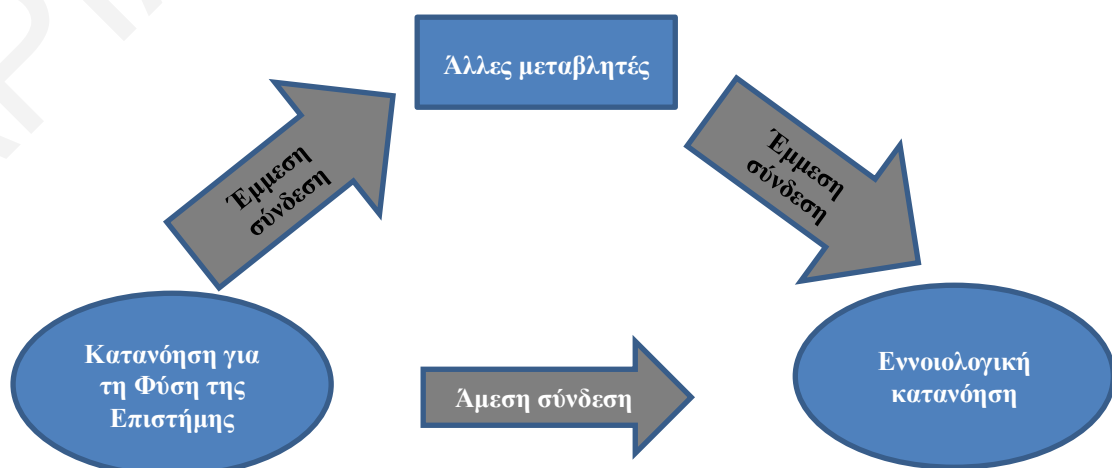
Παρόμοια επιχειρήματα για τη σημαντικότητα της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης προβάλλουν οι McComas, Cough & Almazroa στο βιβλίο του McComas (2006). Σύμφωνα με τη δική τους θεώρηση, η διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν την ισχύ αλλά και τις ελλείψεις της επιστήμης. Επίσης, πιστεύεται από τους εν λόγω ερευνητές, ότι με αυτό τον τρόπο οι μαθητές βοηθούνται στη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων αλλά και στην αύξηση του ενδιαφέροντος τους για το μάθημα της Επιστήμης. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι με την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης γίνονται πιο εύκολες οι εκπαιδευτικές διαδικασίες, αφού μέσα από έρευνες φάνηκε ότι η

χρήση της ιστορίας της επιστήμης συμβάλλει στην αποσταθεροποίηση των αρχικών εναλλακτικών ιδεών. Τέλος, και οι McComas et al. αναφέρουν ότι η καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας για τη Φύση της Επιστήμης ενισχύει την κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου.

Μέσα από τις πιο πάνω έρευνες, φαίνεται ότι προκύπτει, τουλάχιστο θεωρητικά, το επιχείρημα ότι η κατανόηση των πτυχών της Φύσης της Επιστήμης ενισχύει, μεταξύ άλλων, την κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου. Η υφιστάμενη έρευνα εστιάζεται στη συγκεκριμένη διάσταση της σημαντικότητας της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης και στη συνέχεια της εργασία το συγκεκριμένο επιχείρημα τυγχάνει πολλής επεξεργασίας.

## 2.2. Διασύνδεση Φύσης της Επιστήμης – Εννοιολογικής κατανόησης

Η σύνδεση της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης και της κατανόησης εννοιολογικού περιεχομένου, μπορεί να έχει δύο διαφορετικές μορφές (Διάγραμμα 2). Αρχικά, μπορεί οι δύο αυτές μαθησιακές επιδιώξεις να συνδέονται άμεσα, και επομένως η βελτίωση των μαθητών στη μια μαθησιακή επιδίωξη να επιφέρει την ενίσχυση και της άλλης. Από την άλλη, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης συνδέεται έμμεσα με την εννοιολογική κατανόηση, αφού η βελτίωση της πρώτης μαθησιακής επιδίωξης, μπορεί να προκαλεί την εμφάνιση μιας τρίτης μεταβλητής, για παράδειγμα την αύξηση των κινήτρων (Buehl & Alexander, 2005), την αύξηση του ενδιαφέροντος (Kruse, 2010), την επιλογή αποτελεσματικότερων στρατηγικών μάθησης (Lee, Liang & Tsai, 2016), η οποία με τη σειρά της ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση, χωρίς κατ' ανάγκη οι δύο αρχικές μεταβλητές να σχετίζονται άμεσα. Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια επικεντρώνεται στη διερεύνηση της άμεσης σύνδεσης της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.



Διάγραμμα 2. Πιθανοί τρόποι σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης

### 2.2.1. Άμεση σύνδεση Φύσης της Επιστήμης – Εννοιολογικής κατανόησης

Σε αυτό το υποκεφάλαιο, στόχος είναι η παράθεση των εμπειρικών ερευνών που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, οι οποίες μελέτησαν την άμεση σύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.

#### 1<sup>ο</sup> επίπεδο αναζήτησης

Για τον έγκυρο εντοπισμό των εν λόγω ερευνών, χρησιμοποιήθηκε η βάση αναζήτησης SCOPUS και λέξεις κλειδιά όπως: ‘nature of science’, ‘epistemological beliefs’, ‘conceptual understanding’, ‘science content’, ‘intervention’ κτλ. Μέσα από την πρωταρχική αναζήτηση προέκυψαν τέσσερις κατηγορίες ερευνών, οι οποίες παρουσίαζαν διαφορετικά μεθοδολογικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν εμπειρικές έρευνες, οι οποίες:

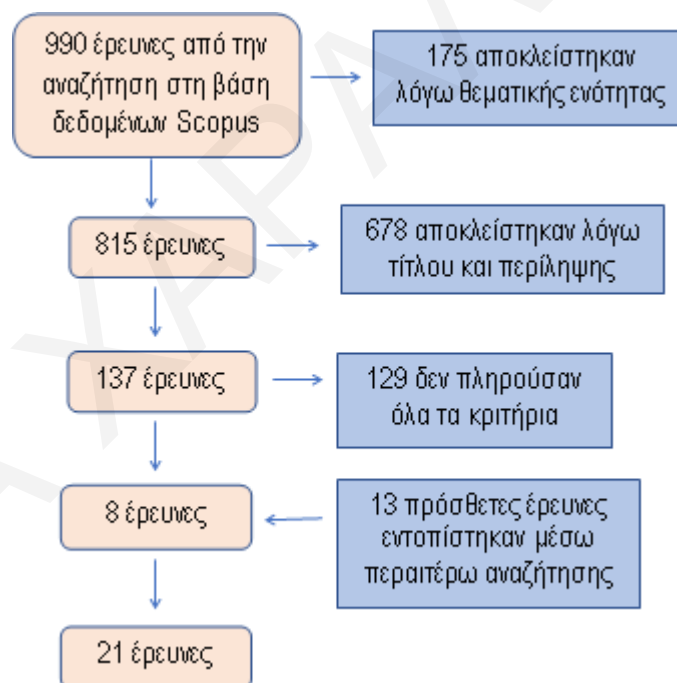
1. Δεν περιλάμβαναν καμία διδακτική παρέμβαση, ούτε κάποιων πτυχών της Φύσης της Επιστήμης αλλά ούτε κάποιας θεματικής ενότητας (Coleman, Stears & Dempster, 2015; Krell, M., zu Belzen, A. U., & Krüger, D., 2014; Lombrozo, Thanukos & Weisberg, 2008). Στις αυτές τις περιπτώσεις, οι ερευνητές μέσω συγκεκριμένων εργαλείων, αξιολογούσαν την κατανόηση των μανθανόντων για τις συγκεκριμένες μαθησιακές επιδιώξεις.
2. Περιλάμβαναν διδακτική παρέμβαση, όμως για την μια από τις δύο μαθησιακές επιδιώξεις, καθώς και μια μέτρηση, συνήθως μετά τη διδακτική παρέμβαση, για τη Φύση της Επιστήμης ή και για κάποια θεματική ενότητα (Chu, Treagust & Chandrasegaran, 2008; Stathopoulou & Vosniadou, 2007).
3. Περιλάμβαναν διδακτική παρέμβαση, για τη μια από τις δύο μαθησιακές επιδιώξεις, καθώς αρχική και τελική μέτρηση της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης και κάποιας θεματικής ενότητας (Sahin, 2010).
4. Περιλάμβαναν διδακτική παρέμβαση τόσο για τη Φύση της Επιστήμης όσο και για κάποια θεματική ενότητα, καθώς αρχική και τελική μέτρηση της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης και κάποιας θεματικής ενότητας (Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotogou, 2016; Songer & Linn, 1991).

#### 2ο επίπεδο αναζήτησης

Παρατηρώντας τη διαφοροποίηση των πιο πάνω ερευνών, αποφασίσαμε ότι μόνο οι ερευνητικές προσπάθειες που είχαν τα χαρακτηριστικά της τέταρτης κατηγορίας σχετίζονταν με τον σκοπό της συγκεκριμένης έρευνας. Έτσι, θέλοντας να εστιάσουμε την αναζήτηση

προς αυτή την κατεύθυνση, τέθηκαν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια τα οποία έπρεπε να πληρούνται σε κάθε περίπτωση, προκειμένου να αποφασιστεί αν κάποιο άρθρο σχετιζόταν ή όχι με τον σκοπό της αναζήτησης μας. Συγκεκριμένα, η αναζήτηση αφορούσε σε έρευνες οι οποίες περιλάμβαναν: 1) διδακτική παρέμβαση τόσο για τη Φύση της Επιστήμης (χωρίς να εστιάζομαστε σε κάποιο συγκεκριμένο ορισμό) όσο και για κάποιο εννοιολογικό περιεχόμενο, 2) συλλογή δεδομένων σχετικά με τις δύο μαθησιακές επιδιώξεις και 3) ένα πειραματικό σχεδιασμό.

Και σε αυτό το επίπεδο αναζήτησης, χρησιμοποιήθηκε η βάση αναζήτησης SCOPUS και καταχωρήθηκαν οι ακόλουθες λέξεις με τους συγκεκριμένους συνδέσμους, τα οποία συνδέονταν άμεσα με τα κριτήρια που τέθηκαν πιο πάνω: *teaching nature of science OR learning nature of science OR epistemological beliefs AND conceptual understanding OR science content AND instruction OR intervention OR students OR assessment OR pre test OR post test*. Το αποτέλεσμα αυτής της αναζήτησης, ήταν ο εντοπισμός 990 άρθρων. (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3. Στάδια ανασκόπησης βιβλιογραφίας

Έπειτα, η αναζήτηση αυτή περιορίστηκε σε συγκεκριμένες ερευνητικές περιοχές οι οποίες σχετιζόνταν, άλλες λιγότερο και άλλες περισσότερο, με τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Συγκεκριμένα, η αναζήτηση επικεντρώθηκε στα πεδία: Social Sciences, Physics and Astronomy, Chemistry, Arts and Humanities, Environmental Science και Psychology.

Με βάση τα πιο πάνω, οδηγηθήκαμε στον εντοπισμό 815 άρθρων. Από τα συγκεκριμένα 815 άρθρα, τα 678 αποκλείστηκαν, λόγω του ότι ο τίτλος και η περίληψη τους δεν σχετίζονταν με τον σκοπό της έρευνας μας. Σε ένα επόμενο στάδιο, μελετήθηκαν τα εναπομείναντα 137 άρθρα, όπου παρατηρήθηκε ότι 129 έρευνες δεν πληρούσαν και τα τρία κριτήρια που τέθηκαν εξ' αρχής, κατά το 2<sup>ο</sup> επίπεδο αναζήτησης. Έτσι η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εστιάστηκε σε 8 άρθρα (Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotogou, 2016; Michel & Neumann, 2016; Soulios & Psillos, 2016; Peters, 2012, Gobert, O'Dwyer, Horwitz, Buckley, Levy & Wilensky, 2011; Kim & Irving, 2010; Seker & Welsh, 2006; Irwin, 2000).

### **3<sup>ο</sup> επίπεδο αναζήτησης**

Μετά τον εντοπισμό των 8 άρθρων, μέσα από την αναζήτηση στο SCOPUS, προβήκαμε σε ένα άλλο επίπεδο αναζήτησης. Συγκεκριμένα, αναζητήσαμε περιπτώσεις ερευνών που να αναφέρονταν εντός των αρχικών 8 άρθρων, που να διερευνούσαν εμπειρικά την άμεση σύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και την εννοιολογικής κατανόησης. Επιπλέον, διερευνήσαμε ποιοι άλλοι ερευνητές αναφέρονταν με τη σειρά τους, στα 8 συγκριμένα άρθρα που εντοπίστηκαν. Αυτός ο τρόπος αναζήτησης μας οδήγησε στον εντοπισμό ακόμα 13 άρθρων (Lin, Chan & van Aalst, 2014; Nadelson & Viskupic, 2010; Koh & Chin, 2008; Perkins, Adams, Pollock, Finkelstein & Wieman, 2005; Schwarz & White, 2005; Gobert & Pallant, 2004; Davis, 2003; Schwarz, 2002; Davis, 1997; Songer & Linn, 1991; Olstad, 1969; Craven, 1966; Klopfer & Cooley, 1963) και έτσι καταλήξαμε να έχουμε συνολικά 21 άρθρα που σχετίζονταν με τον σκοπό της έρευνας μας. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1) παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες για τα 21 άρθρα, στα οποία εστιάστηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση της εμπειρικής (άμεσης) διασύνδεσης της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.

Πίνακας 1. Εμπειρικές έρευνες που διερεύνησαν την άμεση διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης με την εννοιολογική κατανόηση

Άρθρο	Θεματική ενότητα	Μαθησιακές επιδιώξεις σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση	Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης	Ηλικία και αριθμός συμμετεχόντων	Ερευνητικός σχεδιασμός	Στοιχεία για τη σύνδεση (ή την απουσία σύνδεσης) ανάμεσα στη Φύση της Επιστήμης και την εννοιολογική κατανόηση
Songer & Linn (1991) <i>Journal of Research in Science Teaching</i>	Θερμοδυναμική	Θερμότητα και θερμοκρασία	Απόψεις για την αξιολόγηση της Επιστήμης (Views of Science Evaluation)	153 μαθητές 8 <sup>ης</sup> τάξης	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Οι μαθητές με δυναμικές αντιλήψεις για τη φύση της επιστήμης ( $m=0.59$ ) είχαν πιο ενημερωμένες ιδέες για το εννοιολογικό περιεχόμενο, σε σχέση με αυτούς που είχαν πιο στατικές αντιλήψεις ( $m=0.13$ ) (effect size = 1.09).
Gobert & Pallant (2004) <i>Journal of Science Education and Technology</i>	Τεκτονικές πλάκες	1. Χαρακτηριστικά των μοντέλων που έφτιαξαν οι μαθητές για τις τεκτονικές πλάκες 2. Συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτά τα μοντέλα	Φύση των μοντέλων	360 μαθητές γυμνασίου	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Οι μαθητές που είχαν πιο επιστημολογικά ενημερωμένες αντιλήψεις είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις στο μεταπειραματικό δοκίμιο, σε σχέση με τους μαθητές που είχαν λανθασμένες αντιλήψεις ( $F = 4.10$ , $p = 0.04$ ).
Schwarz (2002) <i>Το άρθρο παρουσιάστηκε στο Annual Meeting of the</i>	Δύναμη και κίνηση	Έννοιες που σχετίζονται με κίνηση μιας διάστασης με ή χωρίς τριβή και έννοιες που αφορούν στη κίνηση σε δύο διαστάσεις και	Φύση των μοντέλων	Μαθητές 7 <sup>ης</sup> τάξης	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Ισχυρή θετική συσχέτιση (προπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων – μεταπειραματικό δοκίμιο εννοιολογικής κατανόησης $r = 0,56$ , μεταπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων - μεταπειραματικό δοκίμιο



<i>American Educational Research Association</i>		βαρύτητα				εννοιολογικής κατανόησης $r = 0,62$ ).
Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotogou, (2016) <i>Instructional Science</i>	Βύθιση και πλεύση – πυκνότητα	Δεν προσδιορίζεται	Φύση των μοντέλων	53 μαθητές 5 <sup>ης</sup> τάξης	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Μετά τη διδακτική παρέμβαση, η ικανότητα ελέγχου μεταβλητών και η κατανόηση της φύσης των μοντέλων ερμήνευαν το 31% της κατανόησης του φαινομένου της βύθισης – πλεύσης. Επίσης, η κατανόηση του φαινομένου της βύθισης – πλεύσης και η κατανόηση της φύσης των μοντέλων ερμήνευαν το 44% της κατανόησης της έννοιας της πυκνότητας. 7 μήνες μετά τη διδακτική παρέμβαση, η κατανόηση της φύσης των μοντέλων δεν μπορούσε να ερμηνεύσει τον βαθμό της κατανόησης του φαινομένου της βύθισης – πλεύσης, αλλά συνέβαλε στην ερμηνεία του βαθμού κατανόησης της έννοιας της πυκνότητας.
Craven (1966) <i>Dissertation Abstracts International</i>	-	-	-	-	-	Δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση.
Olstad	Δεν	Κατανόηση	Κατανόηση για την	Φοιτητές	Προπειραματικός –	Παρά το γεγονός ότι βρέθηκε

(1969) <i>Science Education</i>	προσδιορίζεται	επιστήμης	επιστήμη		μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	σχέση ανάμεσα στο δοκίμιο της εννοιολογικής κατανόησης – προπειραματικό δοκίμιο κατανόησης της επιστήμης ( $r = 0.57$ , $r = 0.59$ ) και ανάμεσα στο δοκίμιο της εννοιολογικής κατανόησης – μεταπειραματικό δοκίμιο κατανόησης της επιστήμης ( $r = 0.50$ , $r = 0.65$ ), δεν υπήρχε σημαντικότητα σε αυτή τη μικρή διαφορά.
Davis (2003) <i>International Journal of Science Education</i>	Θερμότητα, θερμοκρασία, φως	Συνέπεια επιστημονικών ιδεών	Αβεβαιότητα επιστημονικής γνώσης	Μαθητές 8 <sup>ης</sup> τάξης	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου και την κατανόηση για τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης ( $r = 0.155$ , $p = 0.1614$ ).
Davis (1997) <i>Το άρθρο παρουσιάστηκε στο Annual Meeting of the American Educational Research Association</i>	Θερμοδυναμική και φως	-Ικανότητα των μαθητών να χρησιμοποιούν τις επιστημονικές αρχές που έμαθαν στη τάξη προκειμένου να εξηγούν φαινόμενα της καθημερινής ζωής -Βαθμός στο KIE project, το οποίο επικεντρώθηκε τόσο στην κριτική όσο και σε στοιχειώδεις	Διαδικασία επιστήμης	180 μαθητές 8 <sup>ης</sup> τάξης	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση (προπειραματικό δοκίμιο για τη διαδικασία της επιστήμης – βαθμός τελικής εξέτασης ( $r = 0.084$ ), μεταπειραματικό δοκίμιο για τη διαδικασία της επιστήμης – βαθμός τελικής εξέτασης ( $r = 0.129$ , $p > 0.05$ )).

		έννοιες της θερμοδυναμικής -Βαθμός στην τελική εξέταση του μαθήματος				
Koh & Chin (2008) <i>Το άρθρο παρουσιάστηκε στο Asia – Pacific Education Research Association (APERA) Conference</i>	Διάχυση, όσμωση, ένζυμα	Ικανότητα μαθητών να απαντούν σε δύσκολες ερωτήσεις σκέψης	-Εμπειρικός χαρακτήρας επιστήμης -Επιστημονική μέθοδος -Εγκυρότητα παρατηρήσεων στις οποίες στηρίζονται οι θεωρίες -Αβέβαιος χαρακτήρας επιστήμης -Υποκειμενικός χαρακτήρας επιστήμης -Κοινωνικές και πολιτιστικές επιρροές επιστήμης -Επινόηση και δημιουργικότητα στην επιστήμη	37 μαθητές 10 <sup>ης</sup> τάξης	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αρχικές ιδέες των μαθητών για τη φύση της επιστήμης και στην ικανότητα τους να απαντούν σε δύσκολες ερωτήσεις σκέψης. Μικρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στις τελικές απαντήσεις των μαθητών για τη φύση της επιστήμης και στην ικανότητα τους να απαντούν σε δύσκολες ερωτήσεις σκέψης ( $r=0.375$ , $p<0.05$ ). Δεν υπήρχε όμως διαφορά ανάμεσα στο προπειραματικό και το μεταπειραματικό δοκίμιο για την ικανότητα απάντησης σε δύσκολες ερωτήσεις σκέψης.
Nadelson & Viskupic (2010) <i>Journal of Geoscience Education</i>	Γεωεπιστήμη	Δεν προσδιορίζεται	-Η επιστήμη είναι αξιόπιστη αλλά και αβέβαιη -Στην επιστήμη δεν υπάρχει μόνο μια μέθοδος, αλλά	51 αρχάριοι προπτυχιακοί φοιτητές γεωεπιστήμης και 29 προπτυχιακοί	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	Δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη γεωεπιστήμη και στις απόψεις των μαθητών για τη φύση της επιστήμης ( $r=0.20$ , $p=0.09$ ).

			<p>πολλαπλές όπως η παρατήρηση, ο πειραματισμός, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η λογική επιχειρηματολογία</p> <p>-Δεν ακολουθείται μια προκαθορισμένη σειρά από βήματα, αντίθετα υπάρχει ένα πιο δυναμικό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει πολλαπλές αλληλεπιδράσεις και κατευθύνσεις -</p> <p>Η επιστήμη στηρίζεται στο φυσικό κόσμο και όχι σε υπερφυσικά στοιχεία από τα εμπειρικά δεδομένα</p> <p>-Η σημασία των επιστημονικών όρων μπορεί να διαφέρει από τη σημασία που έχουν οι λέξεις στην καθημερινή</p>	<p>φοιτητές γεωεπίστημης προχωρημένου επιπέδου students</p>		
--	--	--	--	---	--	--

			<p>συνομιλία</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Η επιστήμη είναι ανθρώπινο προϊόν και περιλαμβάνει προκαταλήψεις</li> <li>-Η διασφάλιση της ακεραιότητας γίνεται μέσω της ετεροαξιολόγησης και της επανάληψης</li> <li>-Η επιστήμη δεν είναι δημοκρατική αλλά διορθώνεται μέσα από εμπειρικά δεδομένα</li> </ul>			
Soulios, & Psillos (2016) Journal of Science Education	Οπτική	<p>1. Όραση 2. Ανάκλαση σε τροχιές επιφάνειες 3. Αντανάκλαση σε επίπεδο καθρέφτη 4. Συνύπαρξη ανάκλασης και διάθλασης</p>	<p>2. Φύση των μοντέλων (φύση, σκοπός και αλλαγή των μοντέλων)</p>	16 προ-υπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί	<p>Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου</p>	<p>Θετική συσχέτιση ανάμεσα στο προπειραματικό δοκίμιο για την αλλαγή των μοντέλων και τα προπειραματικά δοκίμια για την όραση (<math>r=0.76</math>, <math>r=0.79</math>) και την ανάκλαση σε τροχιές επιφάνειες (<math>r=0.57</math>).</p> <p>Καμία συσχέτιση ανάμεσα στα προπειραματικά δοκίμια για τον σκοπό και τη φύση των μοντέλων και την εννοιολογική κατανόηση για την οπτική.</p> <p>Θετική συσχέτιση ανάμεσα στο</p>

						<p>μεταπειραματικό δοκίμιο για τον σκοπό των μοντέλων και ένα μεταπειραματικό δοκίμιο για την όραση (<math>r=0.64</math>), και ανάμεσα στο μεταπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων και τα μεταπειραματικά δοκίμια για την όραση (<math>r=0.51, 0.72</math>), το δοκίμιο για την ανάκλαση σε τραχιές επιφάνειες (<math>r=0.50</math>), το δοκίμιο για την αντανάκλαση σε επίπεδο καθρέφτη (<math>r=0.68</math>) και το δοκίμιο για την συνύπαρξη ανάκλασης και διάθλασης (<math>r=0.68</math>).</p> <p>Καμία συσχέτιση ανάμεσα στα μεταπειραματικά δοκίμια για την αλλαγή των μοντέλων και την εννοιολογική κατανόηση για την οπτική.</p>
<p>Perkins, Adams, Pollock, Finkelstein &amp; Wieman (2005)</p> <p>Το άρθρο παρουσιάστηκε στο AIP Conference</p>	<p>Δύναμη και κίνηση</p>	<p>Δεν προσδιορίζεται</p>	<p>-Εννοιολογική κατανόηση (η φυσική στηρίζεται σε εννοιολογικό πλαίσιο)          -Σύνδεση μαθηματικών και φυσικής (εξισώσεις αντιπροσωπεύουν έννοιες)          -Κατανόηση / Προσπάθεια</p>	<p>307 αρχάριοι φοιτητές φυσικής</p>	<p>Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου</p>	<p>Οι αρχικές απόψεις των μαθητών για την ‘Εννοιολογική κατανόηση’ και τη ‘Σύνδεση μαθηματικών και φυσικής’ σχετίζονται με τον βαθμό βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης (<math>r = 0,22, r = 0,20</math>). Οι τελικές αντιλήψεις των μαθητών για την ‘Εννοιολογική κατανόηση’, ‘Σύνδεση μαθηματικών και φυσικής’, ‘Κατανόηση / Προσπάθεια’ και ‘Προσωπικό Ενδιαφέρον’ σχετίζονται με τον</p>

Proceedings			(Καταβάλλω προσπάθεια για να κατανοήσω έννοιες της φυσικής) -Σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο (η φυσική περιγράφει τον κόσμο) -Προσωπικό ενδιαφέρον (σκέφτομαι τη φυσική στη ζωή μου)			βαθμό βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης ( $r=0,30$ , $r=0,20$ , $r=0,17$ , $r=0,15$ ) 2. Οι μαθητές που είχαν αρχικά πιο ενημερωμένες απόψεις για τη φυσική ήταν πιο πιθανόν να πετύχουν μεγαλύτερη βελτίωση σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση.
Gobert, O'Dwyer, Horwitz, Buckley, Levy & Wilensky (2011) <i>International Journal of Science Education</i>	<i>Βιολογία:</i> Κληρονομικότητα του Mendel, φυλοσύνδετη κληρονομικότητα, μείωση, μεταλλάξεις <i>Φυσική:</i> Φορείς, γραφικές παραστάσεις, δυνάμεις σε μια και δύο διαστάσεις, κίνηση σε ένα ομοιόμορφο βαρυτικό πεδίο <i>Χημεία:</i>	Εννοιολογική κατανόηση σε κάθε πεδίο, κυρίως σε ότι αφορά προβληματικές περιοχές όπως διαπιστώνεται από τη βιβλιογραφία της διδακτικής των φυσικών επιστημών	Φύση των μοντέλων	420 μαθητές λυκείου με ειδίκευση στη φυσική, 218 μαθητές λυκείου με ειδίκευση στη χημεία, 98 μαθητές λυκείου με ειδίκευση στη βιολογία	Προπειραματικός – μεταπειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου	<u>Φυσική:</u> Ο βαθμός στο προπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων δεν μπορούσε να προβλέψει τον βαθμό στο μεταπειραματικό δοκίμιο της εννοιολογικής κατανόησης <u>Βιολογία:</u> Στην περίπτωση μιας πτυχής, ο βαθμός στο προπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων προέβλεπε τον βαθμό στο μεταπειραματικό δοκίμιο της εννοιολογικής κατανόησης ( $\beta = 0.27$ , $p < 0.05$ ) <u>Χημεία:</u> Σε δύο περιπτώσεις, ο βαθμός στο προπειραματικό δοκίμιο για τη

	Αέρια φάση, νόμους των αερίων, κινητική μοριακή θεωρία					φύση των μοντέλων προέβλεπε τον βαθμό στο μεταπειραματικό δοκίμιο της εννοιολογικής κατανόησης ( $\beta = 0.26$ , $p < 0.05$ ; $\beta = -0.31$ , $p < 0.001$ ).
Michel & Neuman, 2016	Ενέργεια	Δεν προσδιορίζεται	-Φύση επιστημονικής γνώσης - Φύση επιστημονικής διερεύνησης	82 μαθητές 6 <sup>ης</sup> και 7 <sup>ης</sup> τάξης	Πειραματική έρευνα	Για τις περισσότερες ενότητες της ενέργειας (μορφές ενέργειας, διάδοση και μετατροπή ενέργειας) δεν παρουσιάστηκε συσχέτιση ανάμεσα στην κατανόηση για τη φύση της επιστήμης και την εννοιολογική κατανόηση. Στην περίπτωση της υποβάθμισης της ενέργειας, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη κατανόηση της φύσης της επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.
Peters (2012) <i>Science &amp; Education</i>	Ηλεκτρισμός – μαγνητισμός	1. Χαρακτηριστικά των μόνιμων μαγνητών 2. Χαρακτηριστικά στατικού ηλεκτρισμού 3. Χαρακτηριστικά ηλεκτρισμού 4. Χαρακτηριστικά των ηλεκτρομαγνητών	- Στην επιστήμη χρησιμοποιούνται εμπειρικά δεδομένα για υποστήριξη των θεωριών - Οι νόμοι και οι θεωρίες κατέχουν σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης, παρόλα αυτά εξυπηρετούν	246 μαθητές 8 <sup>ης</sup> τάξης	Πειραματική έρευνα	Ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στην κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου και την κατανόηση για τη φύση της επιστήμης ( $r(246) = 0.71$ , $p < .001$ ). Η πειραματική ομάδα είχε μεγαλύτερη βελτίωση τόσο όσον αφορά στην επιστημολογική επάρκεια για τη Φύση της επιστήμης όσο και στην κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου.



			<p>διαφορετικές λειτουργίες</p> <p>-Η τήρηση αρχείων, η ετεροαξιολόγηση και η επανάληψη των πειραμάτων βοηθούν στην επικύρωση των επιστημονικών ιδεών</p> <p>-Η επιστήμη είναι μια δημιουργική προσπάθεια</p>			
<p>Kim &amp; Irving (2010) <i>Science &amp; Education</i></p>	<p>Γενετική</p>	<p>Ικανότητα των μαθητών να ορίζουν βασικές έννοιες της γενετικής (γονίδιο, DNA, αλληλόμορφο, χρωμόσωμα, κληρονομικότητα, κύτταρα, μείωση, φαινότυπο, γονότυπο, στίγμα) και να κατασκευάζουν εννοιολογικούς χάρτες χρησιμοποιώντας αυτούς τους όρους</p>	<p>-Εμπειρικός χαρακτήρας επιστήμης</p> <p>-Αβέβαιος χαρακτήρας επιστήμης</p> <p>-Ρόλος επινόησης και δημιουργικότητας</p> <p>-Κοινωνικές και πολιτιστικές επιρροές επιστήμης</p> <p>-Υποκειμενικός χαρακτήρας επιστήμης</p> <p>-Συμπεράσματα</p> <p>-Διαφορά θεωρίας και νόμου</p>	<p>33 μαθητές 10<sup>ης</sup> τάξης</p>	<p>Πειραματική έρευνα</p>	<p>Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν παρόμοιο βαθμό εννοιολογικής κατανόησης, μετά την παρέμβαση, με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (<math>p &gt; 0.05</math>).</p>

Schwarz & White (2005) <i>Cognition and instruction</i>	Δύναμη και κίνηση	Εφαρμοσμένη γνώση σχετικά με τη δύναμη και τη κίνηση	Φύση των μοντέλων	Μαθητές 7 <sup>ης</sup> τάξης	Πειραματική έρευνα	Θετική συσχέτιση (μεταπειραματικό δοκίμιο εννοιολογικής κατανόησης – προπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων $r = 0.47$ , μεταπειραματικό δοκίμιο εννοιολογικής κατανόησης – μεταπειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων $r = 0.47$ ) Παρόλα αυτά δεν βρέθηκε στατιστική σημαντική διαφορά ανάμεσα στον βαθμό βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης ανάμεσα στις δύο ομάδες $t(128) = 0.16, p = 0.87$ .
Irwin (2000) <i>Science education</i>	Θεωρία για το άτομο	Δεν προσδιορίζεται	-Αξία απόδειξης και δημιουργικότητας κατά την ανάπτυξη επιστημονικών θεωριών - Αξία εμπειρικών δεδομένων στην επιστημονική γνώση - Σύνδεση κοινωνικού και ιστορικού πλαισίου με επιστημονικές ιδέες – αλλαγή επιστημονικών ιδεών κατά την	42 μαθητές 9 <sup>ης</sup> τάξης	Πειραματική έρευνα	Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν παρόμοιο βαθμό εννοιολογικής κατανόησης, μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

			πάροδο του χρόνου			
Seker & Welsh (2006) <i>Science &amp; Education</i>	Κίνηση και δύναμη	Κατασκευή εννοιολογικού χάρτη	-Επιστημονική μέθοδος - Ερμηνεία -Αβεβαιότητα -Υποκειμενικότητα	91 μαθητές 8 <sup>ης</sup> τάξης	Πειραματική έρευνα	Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον βαθμό βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών των πειραματικών ομάδων και της ομάδας ελέγχου.
Klopfer, & Cooley (1963) <i>Journal of Research in Science Teaching</i>	Βιολογία Χημεία Φυσική (δεν προσδιορίζοντας θεματικές ενότητες)	Δεν προσδιορίζεται	-Επιστημονική επιχείρηση -Επιστήμονες -Μέθοδοι και στόχοι της επιστήμης	2808 μαθητές λυκείου	Πειραματική έρευνα	Τόσο οι μαθητές της πειραματικής ομάδας όσο και της ομάδας ελέγχου βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους για την επιστήμη, εντούτοις η βελτίωση στην πειραματική ομάδα ήταν μεγαλύτερη. <u>Βιολογία:</u> Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου είχαν στατιστικά σημαντικότερη βελτίωση στην εννοιολογική κατανόηση, σε σχέση με τους μαθητές της πειραματικής ομάδας. (p<0.05) <u>Φυσική και Χημεία:</u> Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου.
Lin, Chan & van Aalst (2014) <i>Το άρθρο παρουσιάζει</i>	Ηλεκτρισμός	-Αγωγιμότητα υλικών - Λόγοι που κάποια υλικά παράγουν ηλεκτρισμό -Γνώσεις για	-Ρόλος ιδέας - Οικοδόμηση και αναθεώρηση θεωρίας -Θεωρητική κατανόηση -	102 μαθητές 5 <sup>ης</sup> τάξης	Πειραματική έρευνα	Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν καλύτερες επιδόσεις τόσο σχετικά με τη φύση της επιστήμης, τόσο σχετικά με την έννοια του ηλεκτρισμού. Επίσης, σύμφωνα με την ανάλυση του

ηκε στο 11 <sup>ο</sup> διεθνές συνέδριο της Μάθησης Φυσικών Επιστημών		ηλεκτρισμό	Κοινωνικός χαρακτήρας επιστήμης			regression η κατανόηση των μαθητών για την επιστήμη μπορούσε να προβλέψει την τελική τους επίδοση σχετικά με την κατανόηση του ηλεκτρισμού.
--	--	------------	---------------------------------------	--	--	---

Μέσα από την πιο προσεκτική μελέτη των άρθρων που προέκυψαν, φάνηκε ότι οι συγκεκριμένες 21 ερευνητικές προσπάθειες μπορούσαν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1. στις πειραματικές έρευνες που δεν περιλάμβαναν ομάδα ελέγχου (N = 14) και 2. στις πειραματικές έρευνες που περιλάμβαναν ομάδα ελέγχου (N = 7). Στην περίπτωση της πρώτης κατηγορίας, οι ερευνητές κατά τη διάρκεια της έρευνας τους μελετούσαν το αν υπήρχε ή όχι συσχέτιση ανάμεσα στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης και στην κατανόηση για κάποια θεματική ενότητα. Αντίθετα, στην περίπτωση της δεύτερης κατηγορίας, οι ερευνητές διερευνούσαν το αν υπήρχε διαφοροποίηση στο επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών, ανάλογα με το αν διδάχθηκαν ή όχι στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης, δηλαδή το αν συμμετείχαν στην πειραματική ομάδα ή στην ομάδα ελέγχου. Στηριζόμενοι όμως στη δήλωση των Sahin (2010) και Perkins, Adams, Pollock, Finkelstein & Wieman (2005), ότι η πιθανή εμφάνιση συσχέτισης ανάμεσα στις δύο μεταβλητές δεν συνεπάγεται την ύπαρξη αιτιακής σχέσης μεταξύ τους, επιλέξαμε να επικεντρωθούμε στις έρευνες, οι οποίες περιλάμβαναν στον μεθοδολογικό τους σχεδιασμό, ομάδα ελέγχου. Έτσι, καταλήξαμε στον εντοπισμό επτά ερευνών (Peters, 2012; Lin, Chan & van Aalst, 2014; Kim & Irving, 2010; Schwarz & White, 2005; Irwin, 2000; Seker & Welsh, 2006; Klopfer, & Cooley, 1963) (οι βασικές πληροφορίες των οποίων παρουσιάζονται τελευταίες στον Πίνακα 1), οι οποίες προσέγγιζαν με κατάλληλο τρόπο, τη διερεύνηση του αν όντως η διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών, σχετικά με μια θεματική έννοια.

Η ανάλυση των συγκεκριμένων ερευνών, οδηγεί πρώτιστα στο συμπέρασμα ότι οι ερευνητικές προσπάθειες που έγιναν μέχρι στιγμής εστιάστηκαν κυρίως σε συμμετέχοντες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (τόσο γυμνασίου όσο και λυκείου). Επιπλέον φάνηκε ότι οι διδασκαλίες που έγιναν αφορούσαν σε ένα εύρος θεματικών ενοτήτων. Το κυριότερο όμως συμπέρασμα από την ανάλυση, είναι ότι τα δεδομένα που προέκυψαν δεν προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση.

Για παράδειγμα, ο Peters (2012) στην έρευνα του διερεύνησε τις απόψεις 246 μαθητών 8<sup>ης</sup> τάξης (114 στην ομάδα ελέγχου, 132 στην πειραματική ομάδα) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, τόσο για τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού, όσο και για τη Φύση της Επιστήμης. Τα αποτελέσματα της έρευνας του, έδειξαν ότι παρόλο που πριν τη διδακτική παρέμβαση δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών των δύο ομάδων όσο αφορά τις δύο μαθησιακές επιδιώξεις, εντούτοις οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, οι οποίοι κατά τη διάρκεια της παρέμβασης συζητούσαν ρητά για στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης, κατάφεραν να βελτιώσουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις αντιλήψεις τους για τα δύο πεδία.

Παρόμοια ευρήματα προέκυψαν από την έρευνα των Lin, Chan & van Aalst (2014). Οι εν λόγω ερευνητές στην προσπάθεια τους να αναπτύξουν και να αξιολογήσουν ένα μαθησιακό περιβάλλον που να ενισχύει την κατανόηση των μαθητών για την επιστήμη αλλά και την εννοιολογική τους κατανόηση για τον ηλεκτρισμό, διερεύνησαν, μεταξύ άλλων, τη σχέση των δύο μαθησιακών επιδιώξεων. Η ανάλυση των δεδομένων τους έδειξε ότι οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας είχαν σημαντικότερη βελτίωση τόσο στις απόψεις τους για την επιστήμη, όσο και στον βαθμό της εννοιολογικής τους κατανόησης.

Συγκρουόμενα αποτελέσματα είχε η έρευνα των Kim & Irving (2010), οι οποίοι εστίαστηκαν σε 33 μαθητές 10<sup>ης</sup> τάξης (17 στην ομάδα ελέγχου, 16 στην πειραματική ομάδα). Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές εμπλέκονταν σε διδασκαλία η οποία αφορούσε σε θέματα γενετικής και στην περίπτωση της πειραματικής ομάδας, η διδασκαλία περιλάμβανε επιπρόσθετα δραστηριότητες που αναφέρονταν σε πτυχές της Φύσης της Επιστήμης. Η διαφοροποίηση αυτή στη διδασκαλία, όπως φάνηκε από τα εμπειρικά δεδομένα που προέκυψαν, δεν ευνόησε τους μαθητές της πειραματικής ομάδας, αφού ο βαθμός βελτίωσης της εννοιολογικής τους κατανόησης ήταν σε παρόμοιο βαθμό με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Στην έρευνα των Schwarz & White (2005) η διδασκαλία που πραγματοποιήθηκε στόχευε στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης για τη δύναμη και την κίνηση, και στην περίπτωση της πειραματικής ομάδας και στην κατανόηση της φύσης των επιστημονικών μοντέλων. Παρόλο που τα αποτελέσματα τους αρχικά εισηγούνταν ότι υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις τελικές επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο για την εννοιολογική κατανόηση με τις επιδόσεις τους στο προ-πειραματικό και στο μετα-πειραματικό δοκίμιο για τη φύση των μοντέλων, εντούτοις μέσα από τη σύγκριση του βαθμού βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης στις δύο ομάδες δεν προέκυψαν ενδείξεις για την ύπαρξη κάποιου είδους άμεσης σύνδεσης ανάμεσα στις δύο μαθησιακές επιδιώξεις. Συγκεκριμένα, οι μαθητές ανεξαρτήτως της διδασκαλίας που ακολούθησαν, παρουσίασαν παρόμοιο βαθμό βελτίωσης όσον αφορά στην εννοιολογική τους κατανόηση, γεγονός που εισηγείται ότι η διδασκαλία για τη φύση των επιστημονικών μοντέλων δεν ενίσχυσε την κατανόηση των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση.

Ο Irwin (2000) στη δική του έρευνα, επιχείρησε να μελετήσει το αν η διδασκαλία ιστορικών στοιχείων, θα έθετε σε ευνοϊκότερη θέση τους μαθητές της πειραματικής ομάδας (18 μαθητές 9<sup>ης</sup> τάξης) όσον αφορά στην εννοιολογική κατανόηση για τη θεωρία του ατόμου, σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (N=24), οι οποίοι διδάσκονταν αποκλειστικά εννοιολογικό περιεχόμενο. Τα αποτελέσματα της έρευνας του εισηγήθηκαν ότι οι τελικές επιδόσεις των συμμετεχόντων της πειραματικής ομάδας, δεν διέφεραν σημαντικά από τις

αντίστοιχες της ομάδας ελέγχου, όσον αφορά στην εννοιολογική κατανόηση. Αντίθετα, υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση στις αντιλήψεις τους για τη Φύση της Επιστήμης.

Παρόμοιες ενδείξεις προέκυψαν και στην περίπτωση των Seker & Welsh (2006), όπου διερευνήθηκε η επίδραση της διδασκαλίας της ιστορίας της επιστήμης στον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης 91 μαθητών 8<sup>ης</sup> τάξης, στην κατανόηση τους για τη Φύση της Επιστήμης και στο ενδιαφέρον τους για την επιστήμη. Σε αυτή την έρευνα, οι μαθητές χωρίστηκαν σε τέσσερις τάξεις, όπου στις τρεις από τις τέσσερις, παράλληλα με τη διδασκαλία των ενοτήτων της κίνησης και της δύναμης, ενσωματώθηκαν και δραστηριότητες σχετικές με την ιστορία και τη Φύση της Επιστήμης. Συγκεκριμένα, στην πρώτη παρουσιάστηκαν οι ομοιότητες ανάμεσα στις εναλλακτικές απόψεις των μαθητών και στις επιστημονικές έννοιες μέσα από παραδείγματα της ιστορίας της επιστήμης. Στη δεύτερη ομάδα, πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις σχετικά με τον τρόπο ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, ενώ στην τρίτη ομάδα παρουσιάστηκαν ιστορίες από τη ζωή κάποιων επιστημόνων. Η τέταρτη ομάδα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου. Μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης, παρατηρήθηκε από τους Seker & Welsh ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες σχετικά με τον βαθμό εννοιολογικής τους κατανόησης για τη θεματική ενότητα της κίνησης και της δύναμης.

Ανάμεικτα αποτελέσματα εντόπισαν οι Klopfer & Cooley (1963) στην έρευνα τους, όπου ήθελαν να μελετήσουν αν η διδασκαλία της ιστορίας της επιστήμης επηρεάζει την κατανόηση μαθητών λυκείου για την επιστήμη και τους επιστήμονες. Οι εν λόγω ερευνητές επικεντρώθηκαν σε τρία διαφορετικά μαθήματα (Βιολογία, Χημεία, Φυσική), όπου οι μισοί συμμετέχοντες σε κάθε περίπτωση αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου και οι υπόλοιποι αποτελούσαν την πειραματική ομάδα. Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν, φάνηκε ότι στην περίπτωση της Χημείας και της Φυσικής, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Αντίθετα, στην περίπτωση της Βιολογίας, φάνηκε ότι η διδασκαλία της ιστορίας της επιστήμης είχε αρνητική επίδραση στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών, αφού οι επιδόσεις των μαθητών της ομάδας ελέγχου ήταν υψηλότερες.

Μια πιθανή αιτία για τα συγκρουόμενα αποτελέσματα των πιο πάνω ερευνών, είναι το ότι οι συγκεκριμένες έρευνες δεν σχεδιάστηκαν αποκλειστικά για τη διερεύνηση του ερωτήματος αν η βελτίωση της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση. Για αυτό το λόγο, στην περίπτωση των ερευνών των Peters (2012), Schwarz & White (2005) και Lin, Chan & van Aalst (2014) η διαφορά στη διδασκαλία της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου, δεν περιοριζόταν μόνο στη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, αλλά συνδύαζε και τη μεταβολή άλλων παραγόντων

(π.χ. self-monitoring strategy, self-assessment και integration of knowledge building pedagogy αντίστοιχα).

Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι υπάρχουν και άλλα μεθοδολογικά ζητήματα που καθιστούν επισφαλή τα ευρήματα των συγκεκριμένων ερευνών. Για παράδειγμα στην έρευνα του Irwin (2000) φαίνεται ότι παρόλο που λήφθηκαν μετρήσεις όσον αφορά στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, εντούτοις τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν στην κάθε περίπτωση διέφεραν. Επιπλέον, ο συγκεκριμένος ερευνητής επέλεξε να κάνει μόνο μια μέτρηση για τον βαθμό επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών, μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης. Αντίστοιχο μεθοδολογικό πρόβλημα, παρουσιάζει και η ερευνητική προσπάθεια των Klopfer & Cooley (1963), οι οποίοι χρησιμοποίησαν διαφορετικό έργο αξιολόγησης για να συλλέξουν δεδομένα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών.

Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα, προκύπτουν διάφορα σημαντικά συμπεράσματα. Αρχικά, φαίνεται ότι δεν μπορεί να απαντηθεί με ένα ξεκάθαρο τρόπο το αν τελικά η βελτίωση στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της επιστήμης ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση, αφού υπάρχει πολύ περιορισμένη δουλειά σχετικά με τη συγκεκριμένη περιοχή. Επιπλέον, μέσα από τις λίγες έρευνες που υπάρχουν προκύπτουν συγκρουόμενα εμπειρικά δεδομένα. Τέλος, φαίνεται ότι υπάρχει έλλειψη εμπειρικών ερευνών με ορθό μεθοδολογικό σχεδιασμό, οι οποίες να στοχεύουν αποκλειστικά στη διερεύνηση της ύπαρξης της άμεσης σχέσης της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.

### **2.3. Υφιστάμενη τεχνογνωσία για εννοιολογική κατανόηση**

Διαχρονικά η βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών για διάφορες θεματικές ενότητες, αποτελούσε έναν από τους κυριότερους στόχους της εκπαίδευσης, αφού υπάρχουν αναφορές στη συγκεκριμένη μαθησιακή επίδωξη από το 1898 (Eliot, 1898). Ένας περιεκτικός ορισμός της εν λόγω επίδωξης προτείνεται από τους Ding, Chabay & Sherwood (2013), οι οποίοι ταυτίζουν την εννοιολογική κατανόηση με την ευέλικτη εφαρμογή θεμελιωδών αρχών σε διαφορετικά περιβάλλοντα και κλίμακες, με στόχο την εξήγηση διάφορων φαινομένων.

Παρόλο που η έννοια της εννοιολογικής κατανόησης χρησιμοποιείται ευρέως στο πεδίο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, εντούτοις παρατηρείται μια ποικιλία όρων με τους οποίους γίνεται αναφορά σε αυτήν. Οι πιο διαδεδομένοι όροι είναι οι ακόλουθοι: «conceptual understanding in science», «content knowledge in science», «scientific knowledge», «understanding of scientific concepts», «science understanding», «learning



about science» κτλ. Οι συγκεκριμένοι όροι μπορεί να εντοπιστούν είτε στο πεδίο της εκπαίδευσης, και συγκεκριμένα σε Αναλυτικά Προγράμματα, είτε στο πεδίο της έρευνας, δηλαδή σε επιστημονικές έρευνες που εστιάζονται στη μελέτη του βαθμού εννοιολογικής κατανόησης μαθητών. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, έγινε μια προσπάθεια διερεύνησης του τρόπου με τον οποίο ορίζεται η εννοιολογική κατανόηση, τόσο στο πεδίο της εκπαίδευσης όσο και στο πεδίο της έρευνας.

Πίνακας 2. Ορισμός εννοιολογικής κατανόησης μέσα από την ανάλυση έξι Αναλυτικών Προγραμμάτων

<b>Επιδιώξεις σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση</b>	<b>Αναλυτικό Πρόγραμμα – Χώρα</b>
Ερμηνεία φυσικών φαινομένων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναλυτικό πρόγραμμα Κύπρου</li> <li>• Αναλυτικό πρόγραμμα Ελλάδας</li> <li>• NRC (2012)</li> </ul>
Επίλυση προβλημάτων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναλυτικό πρόγραμμα Κύπρου</li> <li>• Social, Environmental and Scientific education Curriculum (Ireland)</li> </ul>
Λήψη αποφάσεων για τη χρησιμότητα και την αξία επιστημονικών ιδεών	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Science in the New Zealand Curriculum</li> </ul>
Εφαρμογή επιστημονικής γνώσης κατά τον σχεδιασμό και υλοποίηση δραστηριοτήτων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Social, Environmental and Scientific education Curriculum (Ireland)</li> </ul>
Εφαρμογή επιστημονικής γνώσης κατά τη συλλογή, ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• National curriculum in England: science programmes of study</li> </ul>
Ανάπτυξη επιστημονικού λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• National curriculum in England: science programmes of study</li> </ul>
Εφαρμογή επιστημονικής γνώσης για την περιγραφή επιστημονικών διαδικασιών	<ul style="list-style-type: none"> <li>• National curriculum in England: science programmes of study</li> </ul>

Αρχικά, έγινε η προσεκτική μελέτη έξι Αναλυτικών Προγραμμάτων: 1.Αναλυτικό πρόγραμμα Κύπρου, 2. Αναλυτικό πρόγραμμα Ελλάδας, 3.NRC (2012), 4.Social, Environmental and Scientific education Curriculum (Ireland), 5.National curriculum in England: science programmes of study και 6. Science in the New Zealand Curriculum, προκειμένου να εντοπιστούν οι μαθησιακές επιδιώξεις, στις οποίες στόχευε το εκπαιδευτικό σύστημα της κάθε χώρας, όσον αφορά στην εννοιολογική κατανόηση.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, σε κάθε περίπτωση δινόταν έμφαση στην ανάπτυξη διαφορετικών δεξιοτήτων όσον αφορά στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών.

Συγκεκριμένα, κάποιες χώρες όπως η Κύπρος και η Ελλάδα, φαίνεται ότι επιδιώκουν στη βελτίωση της ικανότητας ερμηνείας διαφόρων φυσικών φαινομένων, ενώ κάποιες άλλες, όπως η Ιρλανδία, στοχεύουν στη δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων. Κάποιες άλλες σχετικές επιδιώξεις που σχετίζονται με την εννοιολογική κατανόηση είναι η λήψη αποφάσεων για την αξία επιστημονικών ιδεών, η εφαρμογή επιστημονικής γνώσης κατά τη συλλογή και παρουσίαση δεδομένων, κατά τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων και την περιγραφή επιστημονικών διαδικασιών και η ανάπτυξη επιστημονικού λεξιλογίου κτλ.

Όσον αφορά στη διερεύνηση του τρόπου ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης, στο πεδίο της έρευνας, έγινε προσεκτική μελέτη των 21 ερευνών που αναλύθηκαν πιο πάνω. Μέσα από τη διαδικασία αυτή, φάνηκε ότι στην πλειοψηφία τους οι ερευνητές δεν όριζαν το πώς αντιλαμβάνονταν την εννοιολογική κατανόηση. Έτσι, επιχειρήθηκε επιπλέον η διερεύνηση του τρόπου αξιολόγησης του βαθμού της εννοιολογικής κατανόησης, στην κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε όμως ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Ο κάθε ερευνητής αξιολογούσε την εν λόγω μαθησιακή επιδίωξη με εντελώς διαφορετικό τρόπο (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Λειτουργικός ορισμός εννοιολογικής κατανόησης και μέσο αξιολόγησης

<b>Αξιολογούμενη δεξιότητα σχετική με εννοιολογική κατανόηση</b>	<b>Μέσο αξιολόγησης εννοιολογικής κατανόησης</b>	<b>Αναφορά άρθρου</b>
Αξιολόγηση ικανότητας χρήσης επιστημονικής γνώσης για την εξήγηση καθημερινών φαινομένων	1. Ανοικτού τύπου ερωτήματα  2. Ερωτήματα multiple choice σε συνδυασμό με ανοικτού τύπου ερωτήματα	Lin, Chan & van Aalst (2014) Peters (2012) Gobert & Pallant (2004)  Davis (1997) Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou (2016) Schwarz (2002) Soulis, & Psillos, (2016) Michel & Neumann (2016) Koh & Chin (2008)
Αξιολόγηση ικανότητας εφαρμογής επιστημονικής γνώσης, με στόχο την επίλυση προβλημάτων που αφορούν στην καθημερινή ζωή	1. Ανοικτού τύπου ερωτήματα  2. Ερωτήματα multiple choice σε συνδυασμό με ανοικτού τύπου ερωτήματα	Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou (2016)  Schwarz & White (2005)
Αξιολόγηση ικανότητας ερμηνείας δεδομένων και διατύπωση προβλέψεων	Ερωτήματα multiple choice σε συνδυασμό με ανοικτού τύπου ερωτήματα	Songer & Linn (1991)
Αξιολόγηση ικανότητας σύνθεσης δεδομένων	Ανοικτού τύπου ερωτήματα	Songer & Linn (1991) Davis (2003)

Αξιολόγηση κατανόησης διασύνδεσης εννοιών σχετικά με μια θεματική ενότητα	Κατασκευή εννοιολογικού χάρτη (concept map)	Kim & Irving (2010) Seker & Welsh (2006)
Αξιολόγηση ικανότητας ορισμού εννοιών	Κλειστού τύπου ερωτήματα	Kim & Irving (2010)
Αξιολόγηση ικανότητας παράθεσης συγκεκριμένων πληροφοριών χωρίς περεταίρω εξήγηση	Κλειστού τύπου ερωτήματα	Gobert & Pallant (2004) Irwin (2000)
Αξιολόγηση γνώσης μαθητών σε συγκεκριμένες προβληματικές περιοχές όπως ορίζονται στη βιβλιογραφία	Ερωτήσεις multiple choice	Gobert, O'Dwyer, Horwitz, Buckley, Levy & Wilensky (2011)
Αξιολόγηση μέσω standardized tests <i>Geosciences concepts inventory</i> <i>Cooperative Test</i> <i>Force motion concept evaluation</i> <i>Advanced General Science Test</i>		Nadelson & Viskupic (2010) Klopfer & Cooley (1963) Perkins, Adams, Pollock, Finkelstein, & Wieman (2005) Olstad (1969)

Στο Πίνακα 3, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο φάνηκε ότι όριζαν λειτουργικά οι ερευνητές την εννοιολογική αξιολόγηση, δηλαδή τη δεξιότητα που αξιολογούσαν, καθώς και ο τρόπος αξιολόγησης της. Συγκεκριμένα, από την ανάλυση των 21 άρθρων, προέκυψε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ερευνητές ταύτιζαν τον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών με την ικανότητα τους να χρησιμοποιούν την επιστημονική γνώση για την εξήγηση καθημερινών φαινομένων, είτε μέσω ερωτημάτων ανοικτού τύπου (Lin, Chan & van Aalst, 2014; Peters, 2012; Gobert & Pallant, 2004), είτε μέσα από συνδυασμό αυτών με multiple choice ερωτήματα (Davis, 1997; Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou, 2016; Schwarz, 2002; Soulios & Psillos, 2016; Michel & Neumann, 2016; Koh & Chin, 2008). Μια άλλη μερίδα ερευνητών, επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση του βαθμού εννοιολογικής κατανόησης μέσω της ικανότητας εφαρμογής της γνώσης για τη φυσική, με στόχο την επίλυση προβλημάτων που αφορούν στην καθημερινή ζωή (Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou, 2016; Schwarz & White, 2005 στο White & Frederiksen, 1998). Κάποιοι άλλοι τρόποι που επέλεξαν κάποιοι ερευνητές για να αξιολογήσουν την εννοιολογική κατανόηση, είναι η αξιολόγηση της ικανότητας ερμηνείας δεδομένων και διατύπωσης προβλέψεων (Songer & Linn, 1991), καθώς και η αξιολόγηση της ικανότητας σύνθεσης δεδομένων (Songer & Linn, 1991; Davis, 2003). Έναν διαφορετικό τρόπο μέτρησης της εννοιολογικής κατανόησης εφάρμοσαν στην έρευνα τους οι Kim &

Irving (2010) και οι Seker & Welsh (2006), οι οποίοι θεωρούσαν πως ένας μαθητής κατανοούσε τη θεματική ενότητα της γενετικής και της κίνησης – δύναμης, αντίστοιχα, αν ήταν ικανός να κατασκευάσει έναν εννοιολογικό χάρτη χρησιμοποιώντας κάποιες σχετικές έννοιες. Επιπλέον οι Kim & Irving (2010), κατά τη διάρκεια της έρευνας τους, ζήτησαν από τους συμμετέχοντες να ορίσουν κάποιες έννοιες. Ένας παρόμοιος τρόπος αξιολόγησης του βαθμού εννοιολογικής κατανόησης είναι η αξιολόγηση της ικανότητας παράθεσης κάποιων πληροφοριών, χωρίς όμως περεταίρω εξήγηση (Gobert & Pallant, 2004; Irwin, 2000). Τέλος, αρκετοί ερευνητές φαίνεται ότι χρησιμοποίησαν standardized tests, χωρίς να παρέχουν στα άρθρα τους περισσότερες πληροφορίες για το πώς όριζαν λειτουργικά την εννοιολογική κατανόηση (Nadelson & Viskupic, 2010; Klopfer & Cooley, 1963; Perkins, Adams, Pollock, Finkelstein, & Wieman, 2005; Olstad, 1969). Ελλιπείς πληροφορίες για το τι αξιολογούσαν στην έρευνα τους, σαν ένδειξη για τον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών, παρουσίαζαν και οι Gobert, O'Dwyer, Horwitz, Buckley, Levy & Wilensky (2011), οι οποίοι απλά ανέφεραν ότι αξιολογούσαν τη γνώση των μαθητών σε συγκεκριμένες περιοχές, όπως ορίζονται στη βιβλιογραφία.

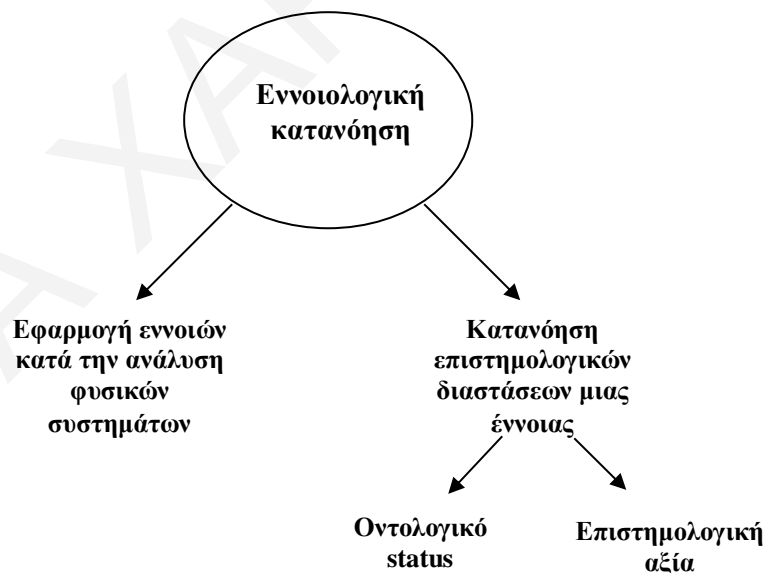
Το σημαντικότερο εύρημα από την ανάλυση των πιο πάνω δεδομένων, είναι ότι υπάρχουν πολλαπλοί τρόποι αξιολόγησης, διαφορετικών πτυχών της εννοιολογικής κατανόησης. Οι αποκλίσεις αυτές, ενισχύουν το επιχείρημα των Ding, Chabay & Sherwood (2013), ότι δηλαδή παρά την πολύ συχνή χρήση της έννοιας της εννοιολογικής κατανόησης, εντούτοις φαίνεται ότι η ακριβής ερμηνεία της δεν έχει αποσαφηνιστεί. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στον κάθε ερευνητή να αξιολογήσει την εν λόγω μαθησιακή επιδίωξη με διαφορετικό τρόπο, και ίσως αυτή να είναι μια πιθανή ερμηνεία για τα συγκρουόμενα δεδομένα όσον αφορά στη διερεύνηση της άμεσης σύνδεσης της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.

### **2.3.1. Επέκταση ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης**

Μια εναλλακτική θεώρηση του ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης, η οποία και υιοθετείται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, έρχονται να προτείνουν οι Papadouris & Constantinou (2014; 2017) οι οποίοι θεωρούν ότι η κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου σχετίζεται με δύο διαστάσεις (Διάγραμμα 4). Η μια από αυτές τις διαστάσεις, ταυτίζεται με τον ορισμό της εννοιολογικής κατανόησης των McDermott, et al. (1996), ο οποίος αφορά στην ικανότητα ενός μαθητή να εφαρμόζει επιστημονικές έννοιες κατά την ανάλυση καινούριων φυσικών συστημάτων. Για παράδειγμα, σύμφωνα με αυτή τη διάσταση της εννοιολογικής κατανόησης, στην περίπτωση της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού,

έναν μαθητή θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιεί την έννοια του μαγνητικού πεδίου για να προβλέπει τον προσανατολισμό μιας πυξίδας που βρίσκεται γύρω από ένα μαγνήτη.

Παράλληλα όμως, σύμφωνα με τους Papadouris & Constantinou, ένας μαθητής για να μπορεί να θεωρηθεί καλός γνώστης του εννοιολογικού περιεχομένου μιας θεματικής ενότητας, πρέπει να είναι σε θέση να κατανοεί και τις επιστημολογικές διαστάσεις της κάθε έννοιας. Με τον όρο επιστημολογικές διαστάσεις μιας έννοιας, οι συγκεκριμένοι ερευνητές αναφέρονται στην αναγνώριση της οντολογικής υπόστασης και της επιστημολογικής αξίας της εν λόγω έννοιας. Παραδείγματος χάριν, πρέπει αρχικά οι μαθητές να κατανοούν ότι οι διάφορες έννοιες που σχετίζονται με ένα φαινόμενο, διαφέρουν ως προς την οντολογική τους υπόσταση. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, πρέπει να γίνεται κατανοητό ότι ο όρος ‘μαγνήτης’ αναφέρεται σε ένα φυσικό αντικείμενο και ότι οι έννοιες ‘έλξη’ και ‘άπωση’, αφορούν παρατηρήσεις αλληλεπιδράσεων των φυσικών αντικειμένων. Αντίθετα, οι έννοιες ‘μαγνητικό πεδίο’ και ‘μαγνητικές γραμμές’, δεν αναφέρονται σε υπαρκτές οντότητες, όπως ο ‘μαγνήτης’, αλλά αντίθετα σε επινοημένες θεωρητικές κατασκευές, η κάθε μια από τις οποίες έχει διαφορετική φύση: το ‘μαγνητικό πεδίο’ είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, ενώ οι ‘μαγνητικές γραμμές’ είναι ένα πλασματικό κατασκεύασμα που παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του πεδίου.



Διάγραμμα 4. Επιμέρους διαστάσεις εννοιολογικής κατανόησης σύμφωνα με τους Papadouris & Constantinou (2014; 2017)

Επιπρόσθετα, ένας μαθητής πρέπει να αναγνωρίζει την επιστημολογική αξία της κάθε έννοιας που σχετίζεται με το υπό μελέτη φαινόμενο, δηλαδή το ποιες δυνατότητες μας

παρέχει. Για παράδειγμα, όσον αφορά στον μαγνητισμό, πρέπει να είναι σε θέση να κατανοεί ότι το ‘μαγνητικό πεδίο’ προσφέρει τη δυνατότητα ανάλυσης των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα από απόσταση, ενώ η έννοια των ‘μαγνητικών γραμμών’ έχει πιο εργαλειακό χαρακτήρα, αφού χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση του ‘μαγνητικού πεδίου’, καθώς και για την εξήγηση της διαφοροποίησης των μαγνητικών αλληλεπιδράσεων σε διαφορετικά σημεία γύρω από τον μαγνήτη.

Με άλλα λόγια, σύμφωνα με τον συγκεκριμένο τρόπο θεώρησης του ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης, ένας μαθητής για να θεωρηθεί ότι έχει επάρκεια όσον αφορά στην εννοιολογική κατανόηση μιας έννοιας, θα πρέπει να είναι σε θέση να απαντήσει στα ακόλουθα τρία ερωτήματα: 1) Πώς χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη έννοια; 2) Τι είναι η συγκεκριμένη έννοια; και 3) Γιατί είναι χρήσιμη η συγκεκριμένη έννοια;. Η απάντηση του πρώτου ερωτήματος, σχετίζεται με την ικανότητα του μαθητή να εφαρμόζει επιστημονικές έννοιες κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων, σε αντίθεση με τα δύο τελευταία ερωτήματα τα οποία αφορούν στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας (κατανόηση οντολογικής υπόστασης μιας έννοιας και κατανόηση επιστημολογικής αξίας μιας έννοιας αντίστοιχα).

Με βάση την πιο πάνω διεύρυνση του ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η άμεση σύνδεση της Φύσης της Επιστήμης με την εννοιολογική κατανόηση, παίρνει μια διαφορετική προοπτική. Αν εφαρμόσουμε δηλαδή τον ορισμό της εννοιολογικής κατανόησης των Papadouri & Constantinou (2014;2017), στο θεωρητικό επιχείρημα των Driver et. al (1996), κάποιος θα ανέμενε ότι αν ένας μαθητής κατανοεί κάποιες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, για παράδειγμα ότι οι επιστήμονες στηρίζονται τόσο σε εμπειρικά δεδομένα όσο και σε θεωρητικές ιδέες που προκύπτουν από τη δημιουργικότητα τους, τότε θα είναι σε θέση να εφαρμόζει διάφορες έννοιες, παραδείγματος χάρη την έννοια του μαγνητικού πεδίου, για να αναλύσει φυσικά συστήματα σχετικά με τον μαγνητισμό, αλλά και να κατανοεί τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητικού πεδίου. Έτσι, για να μπορέσει κάποιος να απαντήσει το ερώτημα αν η βελτίωση στην κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, επιφέρει όντως βελτίωση και στην εννοιολογική κατανόηση, θα πρέπει να ελέγξει την πιθανή σύνδεση της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης, τόσο με την ικανότητα εφαρμογής επιστημονικών εννοιών κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων, που όπως είδαμε προηγουμένως υπάρχουν πολύ λίγα καθώς και συγκρουόμενα σχετικά εμπειρικά δεδομένα στη βιβλιογραφία, καθώς και με την κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας. Φυσικά, όσον αφορά στο δεύτερο σκέλος του ερωτήματος, μέχρι στιγμής δεν υπάρχει κάποια αντίστοιχη ερευνητική

προσπάθεια, γεγονός που φανερώνει την ανάγκη για προσανατολισμό μελλοντικών ερευνών προς το συγκεκριμένο πεδίο.

## **2.4. Υφιστάμενη τεχνογνωσία για την κατανόηση επιστημολογικών διαστάσεων της έννοιας του μαγνητισμού**

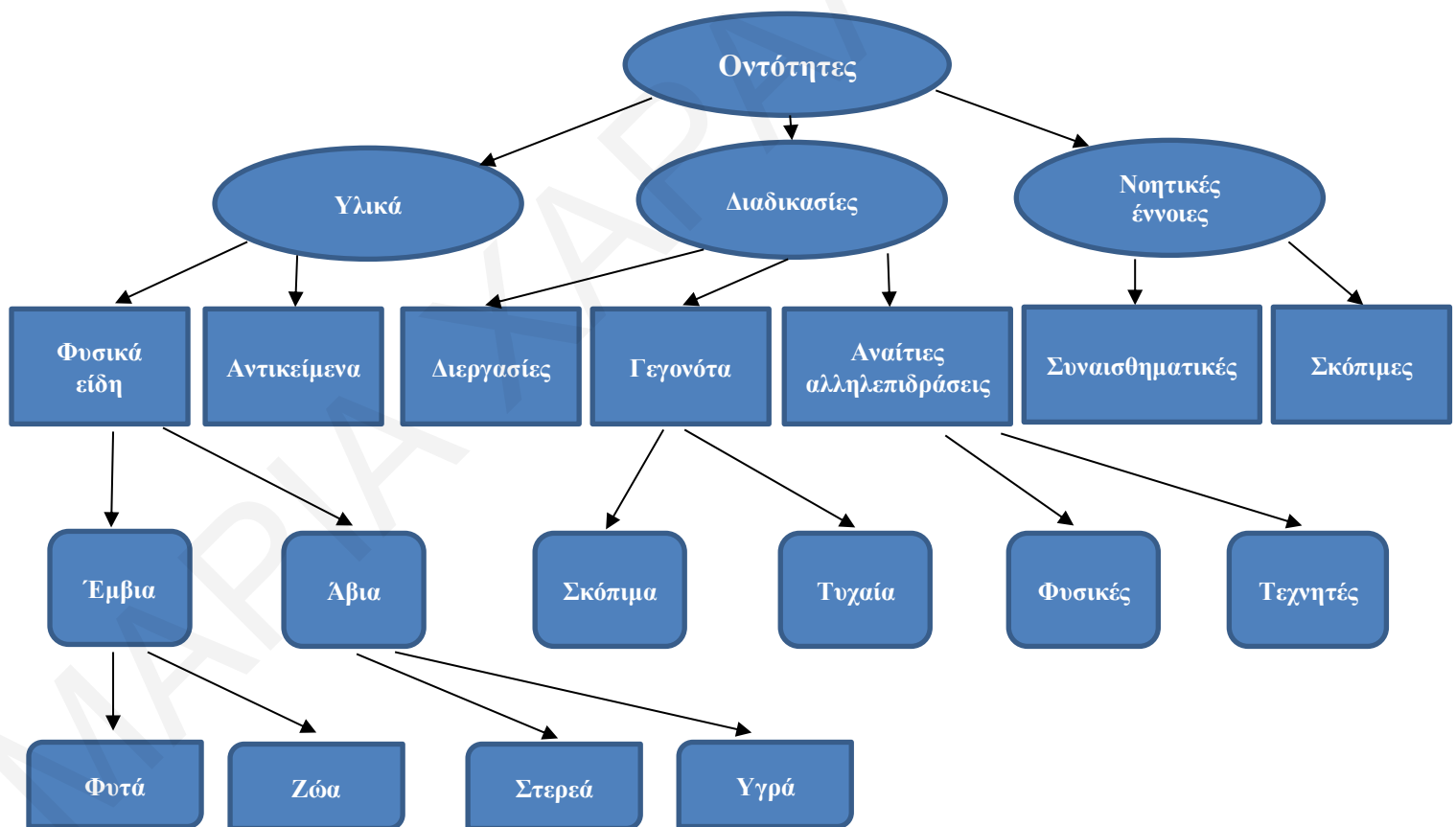
Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο της Εισαγωγής, η συγκεκριμένη έρευνα εστιάστηκε στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Μέσα από την επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, παρατηρήθηκε ότι η εν λόγω θεματική ενότητα αποτελεί ίσως μια από τις δυσκολότερες, την οποία καλούνται να κατανοήσουν οι μαθητές, αφού οι έννοιες και η φύση του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών προκαλούν σύγχυση, ακόμα σε φοιτητές φυσικής προπτυχιακού επιπέδου (Törnkvist, 1993). Αυτό φαίνεται να συμβαίνει ακόμα και στις περιπτώσεις που πραγματοποιήθηκαν διδακτικές παρεμβάσεις μεγάλης διάρκειας (Guisasola, Almudí, & Zubimendi, 2004).

### **2.4.1. Παρανοήσεις σχετικά με τις επιστημολογικές διαστάσεις της έννοιας του μαγνητισμού**

Όσον αφορά στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, μέσα από έρευνες φαίνεται ότι οι μαθητές παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες. Ίσως η πιο συχνή παρανόηση που έχουν, είναι ότι αποδίδουν στις μαγνητικές γραμμές πραγματική διάσταση, με ανθρώπινα χαρακτηριστικά (Guisasola et al., 2004; Törnkvist, 1993) ή αποδίδουν το φαινόμενο του μαγνητισμού στις ιδιότητες ορισμένων υλικών (Guisasola et al., 2004). Επίσης, φαίνεται ότι δυσκολεύονται να αντιληφθούν την ιεραρχική αλληλουχία που υπάρχει ανάμεσα στις έννοιες «φόρτιση, πεδίο, γραμμές, δύναμη, διάνυσμα, τροχιά» (Törnkvist, 1993). Μια άλλη εναλλακτική ιδέα που εντόπισαν οι Guisasola et al., (2004) είναι ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη διάκριση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Ίσως η βασικότερη δυσκολία που οδηγεί στις πιο πάνω εναλλακτικές ιδέες των μαθητών είναι η δυσκολία τους να αντιληφθούν τη διάκριση του εμπειρικού (π.χ. φαινόμενο μαγνητισμού) και θεωρητικού επιπέδου (μαγνητικό πεδίο) (Guisasola et al., 2004).

## 2.4.2. Θεωρία της Chi για κατανόηση επιστημολογικών διαστάσεων επιστημονικών εννοιών

Σύμφωνα με την Chi (1993) κάποιες έννοιες στη φυσική π.χ. θερμότητα και ηλεκτρικό κύκλωμα γίνονται πιο δύσκολα κατανοητές στους μαθητές. Παρόλο που κάποιος θα θεωρούσε ότι ο λόγος ύπαρξης αυτής της δυσκολίας είναι το ότι οι έννοιες είναι αφηρημένες, περιέχουν μαθηματικούς όρους και δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμες, εντούτοις κάποιες έννοιες με παρόμοια χαρακτηριστικά γίνονται πιο εύκολα κατανοητές π.χ. πυκνότητα. Θέλοντας να αιτιολογήσει την πιο πάνω παραδοχή, η Chi και οι συνεργάτες της, ανέπτυξαν μια θεωρία σχετικά με τις νοητικές διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την εννοιολογική αλλαγή, η οποία στηρίζεται σε τρεις υποθέσεις: α. επιστημολογική: αναγνώριση της φύσης των οντοτήτων στον κόσμο, β. μεταφυσική: αναγνώριση της φύσης των επιστημονικών εννοιών γ. ψυχολογική: αναγνώριση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Chi, Slotta, & Leeuw, 1994 ; Chi, 1993; Chi & Slotta, 1993).



Διάγραμμα 5. Κατηγοριοποίηση εννοιών σύμφωνα με την Chi (1993)



## 1. Επιστημολογική διάσταση

Σύμφωνα λοιπόν με την πρώτη διάσταση της θεωρίας της Chi, οι διάφορες έννοιες που υπάρχουν στον κόσμο, ανήκουν σε διαφορετικές οντολογικές κατηγορίες. Οι τρεις βασικές κατηγορίες είναι τα υλικά (materials), οι διαδικασίες (processes) και οι νοητικές καταστάσεις (mental states). Η κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες χωρίζεται σε περισσότερες υποκατηγορίες. Ένα παράδειγμα οργάνωσης των κατηγοριών φαίνεται στο πιο πάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 5).

Η κάθε έννοια λοιπόν, ανήκει μόνο σε μια από τις πιο πάνω κατηγορίες, οι οποίες έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά, τα οποία την καθιστούν διακριτή από τις υπόλοιπες. Συγκεκριμένα, για κάθε κατηγορία υπάρχουν κάποια οντολογικά χαρακτηριστικά (ontological attribute) τα *μπορεί δυνητικά να έχουν* οι έννοιες που ανήκουν σε αυτή. Υπάρχουν όμως τα καθοριστικά χαρακτηριστικά (defining attributes) τα οποία *πρέπει να έχει* η κάθε έννοια που κατατάσσεται στην εκάστοτε κατηγορία και τα χαρακτηριστικά στοιχεία (characteristic features) τα οποία *συνήθως έχουν* κάποιες έννοιες. Δύο κατηγορίες θεωρούνται διακριτές όταν τα χαρακτηριστικά της μιας δεν μπορούν να εφαρμοστούν στις περιπτώσεις εννοιών που ανήκουν στην άλλη κατηγορία. Παραδείγματος χάριν, η έννοια της κανάτας, η οποία κατατάσσεται στην κατηγορία των υλικών, πρέπει να έχει στόμιο (καθοριστικό χαρακτηριστικό), συνήθως είναι γυάλινη (χαρακτηριστικό στοιχείο) και μπορεί δυνητικά να σπάσει (οντολογικό χαρακτηριστικό) (M. Chi et al., 1994).

Στηριζόμενη στη συγκεκριμένη θεωρία, η Chi υποστηρίζει ότι κατά τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, μια έννοια, η οποία είναι αρχικά λανθασμένα τοποθετημένη σε μια κατηγορία, πρέπει να επανατοποθετηθεί σε μια άλλη οντολογική κατηγορία, της οποίας τα χαρακτηριστικά ταυτίζονται με τα αντίστοιχα της έννοιας.

## 2. Μεταφυσική διάσταση

Οι περισσότερες έννοιες στη φυσική, σύμφωνα με την προτεινόμενη θεωρία της Chi ανήκουν στην κατηγορία «Διαδικασίες» και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Αναίτιες αλληλεπιδράσεις». Κάποια από τα χαρακτηριστικά που αποδίδονται σε αυτή την κατηγορία είναι η μη ύπαρξη αρχής και τέλους, η μη ύπαρξη εξέλιξης, η στατικότητα, η συνέχεια, η σταθερότητα και η ισορροπία. Συγκεκριμένα, οι έννοιες που κατατάσσονται σε αυτή την κατηγορία 1. δεν είναι ούτε υλικά, ούτε αντικείμενα, 2. δεν είναι συναισθηματικές καταστάσεις, 3. δεν είναι νοητικές ή αφηρημένες ιδέες όπως η ελευθερία και η ομορφιά, 4. δεν είναι γεγονότα και 5. δεν είναι διαδικασίες που αποτελούνται από στοχευόμενη ακολουθία δράσεων η οποία οδηγεί σε κάποιο προϊόν. Αντίθετα, οι πλείστες επιστημονικές έννοιες είναι 1. επινοήσεις επιστημόνων, 2. περιλαμβάνουν δυναμικές διαδικασίες και

αλληλεπιδράσεις διάφορων στοιχείων και 3. συνήθως αναφέρονται σε αλληλεπιδράσεις χωρίς όμως προφανή αιτία. (M. Chi et al., 1994)

### 3. Ψυχολογική διάσταση

Η τελευταία διάσταση της θεωρίας της Chi για την εννοιολογική αλλαγή, αφορά στη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για διάφορες έννοιες της φυσικής. Μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, η Chi επισήμανε ότι οι μαθητές τείνουν να κατατάσσουν τις έννοιες της φυσικής στην κατηγορία των Υλικών, αποδίδοντας τους είτε υλική υπόσταση είτε ιδιότητες των υλικών.

Καταληκτικά, τα κυριότερα σημεία της θεωρία της Chi είναι: 1. ότι υπάρχει μια οντολογική κατηγορία, οι Αναίτιες αλληλεπιδράσεις, στην οποία ανήκουν οι περισσότερες επιστημονικές έννοιες και για την οποία δεν γνωρίζουν οι περισσότεροι μαθητές, και 2. Ότι οι περισσότεροι μαθητές κατατάσσουν τις έννοιες της φυσικής στην κατηγορία των υλικών και αποδίδουν με συνέπεια τέτοιου είδους χαρακτηριστικά στις περισσότερες έννοιες. Η συνέπεια αυτή φαίνεται ότι δεν εφαρμόζεται στην περίπτωση των ειδικών. Αυτό προέκυψε μέσα από την έρευνα των M. T. H. Chi & Slotta (1993) όπου σχεδιάστηκαν δύο παρόμοια προβλήματα τα οποία αφορούσαν στην ίδια κατάσταση (σύνδεση λαμπτήρων με μπαταρία και ψεκαστήρων με βρύση) με μόνη διαφορά το ότι το ένα αναφερόταν σε μια έννοια της κατηγορίας «Αναίτιες αλληλεπιδράσεις» (ηλεκτρικό ρεύμα) και το άλλο σε μια έννοια της κατηγορίας «Υλικά» (νερό) και οι συμμετέχοντες έπρεπε να προβλέψουν στην κάθε περίπτωση ποια λάμπα/ψεκαστήρας νερού θα ανοίξει πρώτα: αυτός που είναι κοντά στην μπαταρία/βρύση, αυτός που είναι πιο μακριά ή όλα ταυτόχρονα. Ανάλογα με την εξήγηση, και συγκεκριμένα τις λέξεις, που χρησιμοποιούνταν σε κάθε περίπτωση, οι ερευνητές κωδικοποιούσαν την οντολογική υπόσταση που έδιναν οι συμμετέχοντες στην κάθε έννοια. Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές απέδιδαν με συνέπεια υλιστικά χαρακτηριστικά και στις δύο έννοιες, σε αντίθεση με τους ειδικούς οι οποίοι στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος, χρησιμοποιούσαν κατάλληλες δηλώσεις που παρέπεμπαν στην κατηγορία των «Αναίτιων αλληλεπιδράσεων», καθώς διατύπωναν τις προβλέψεις τους. Η αιτία για την ύπαρξη των παρανοήσεων στην περίπτωση των μαθητών, είναι η σύγκρουση της οντολογικής υπόστασης που αποδίδουν οι μαθητές σε μια έννοια με την πραγματική της οντολογική υπόσταση.

Η θεωρία της Chi για την εννοιολογική αλλαγή, ενισχύθηκε περαιτέρω από τα ευρήματα της εμπειρικής έρευνας των Slotta & Chi (2006) όπου μέσα από πειραματικό σχεδιασμό διερευνήθηκε το αν η παροχή πληροφοριών για την οντολογική κατηγορία των

«Αναίτιων Αλληλεπιδράσεων» πριν από τη διδασκαλία για το ηλεκτρικό κύκλωμα, επιδρά ενισχυτικά στην μετακίνηση της συγκεκριμένης έννοιας στην ορθή οντολογική κατηγορία. Τα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν ότι οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας είχαν στατιστικά σημαντικότερη βελτίωση μετά τη διδακτική παρέμβαση, σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

### **2.4.3. Τρόποι βελτίωσης αντίληψης μαθητών για τις επιστημολογικές διαστάσεις επιστημονικών εννοιών**

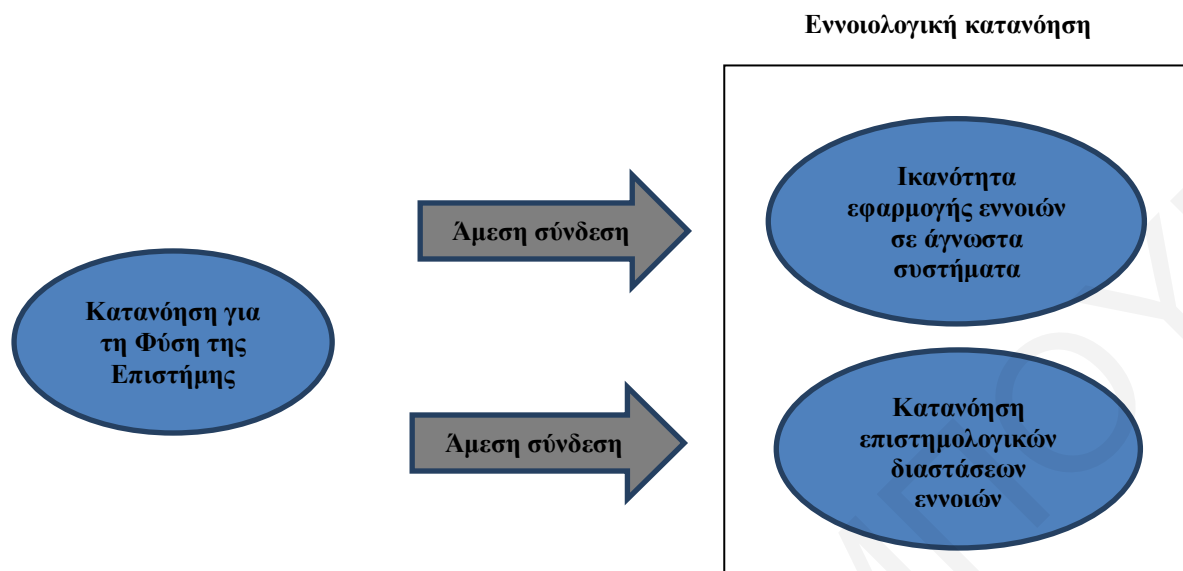
Σύμφωνα με τους Chi et al. (1994) δεν πρέπει να αναμένουμε από τους μαθητές να αφομοιώσουν το εννοιολογικό περιεχόμενο, αν οι διαδικαστικές και οντολογικές πτυχές της εκάστωτε έννοιας, δεν λαμβάνονται υπόψη κατά τη διδασκαλία.

Πρωταρχικός στόχος των εκπαιδευτικών σύμφωνα με την Chi (1993) πρέπει να είναι η ενημέρωση των μαθητών για την ύπαρξη της οντολογικής κατηγορίας ‘Αναίτιες Αλληλεπιδράσεις’, καθώς και για τα χαρακτηριστικά της (M. Chi et al., 1994; M. T. H. Chi & Slotta, 1993). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας δεν πρέπει να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά σε χαρακτηριστικά κάποιας άλλης λανθασμένης κατηγορίας, τα οποία είναι πιθανόν οι μαθητές να ταυτίσουν με την έννοια που διδάσκονται (Slotta & Chi, 2006).

Όσον αφορά στην περίπτωση του μαγνητικού πεδίου, οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν ότι πρόκειται για μια επινόηση με αβέβαιο χαρακτήρα, όπου στόχος της είναι η επίλυση προβλημάτων σχετικά με το φαινόμενο του μαγνητισμού (M. Chi et al., 1994).

### **2.5. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα**

Μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτουν διάφορα επιμέρους συμπεράσματα, τα οποία επιτελούν σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό της παρούσας έρευνας. Αρχικά, όπως είδαμε από τα προηγούμενα κεφάλαια, παρόλο που υπάρχει θεωρητικά το επιχείρημα της άμεσης σύνδεσης της Φύσης της Επιστήμης με την εννοιολογική κατανόηση, εντούτοις φαίνεται ότι υπάρχει ανάγκη για τον σχεδιασμό μεθοδολογικά κατάλληλων ερευνών που να μπορούν να αξιολογήσουν το εν λόγω ερώτημα (Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989; A-El-Khalick & Akerson, 2004; Lederman, 2007; Williams & Rudge, 2016). Επιπρόσθετα, με βάση τον εμπλουτισμένο ορισμό της εννοιολογικής κατανόησης, υπάρχει ανάγκη για εμπειρικό έλεγχο της σύνδεσης των ακόλουθων τριών μαθησιακών επιδιώξεων: 1. ικανότητα εφαρμογής επιστημονικών εννοιών κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων, 2. κατανόηση επιστημολογικών διαστάσεων μιας επιστημονικής έννοιας και 3. κατανόηση βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης (Διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 6. Πιθανοί τρόποι σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και Φύσης της Επιστήμης, με βάση τον εμπλουτισμένο ορισμό της εννοιολογικής κατανόησης

Με άλλα λόγια, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εμπειρική διερεύνηση της άμεσης σύνδεσης ανάμεσα στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης, την ικανότητα για εφαρμογή επιστημονικών εννοιών κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων και την κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας, επικεντρωμένη στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού.

Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού, στο πλαίσιο της εν λόγω έρευνας πραγματοποιήθηκαν δύο επιμέρους μελέτες, η κάθε μια από τις οποίες επιδίωκε στη διερεύνηση των ακόλουθων ερευνητικών ερωτημάτων:

### *1<sup>η</sup> Μελέτη*

1. Σε ποιο βαθμό η βελτίωση στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης ενισχύει την ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν τις επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα;
2. Σε ποιο βαθμό ο διαφορετικός τρόπος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης έχει επίδραση στην ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν τις επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα;
3. Σε ποιο βαθμό ο διαφορετικός τρόπος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης έχει επίδραση στον βαθμό κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης;

## *2<sup>η</sup> Μελέτη*

1. Σε ποιο βαθμό η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού προκύπτει αυθόρμητα ή προϋποθέτει ρητή διδασκαλία;
2. Σε ποιο βαθμό η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού ενισχύει την ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν τις επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα;
3. Σε ποιο βαθμό η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού ενισχύει την κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μεθοδολογία – 1η μελέτη

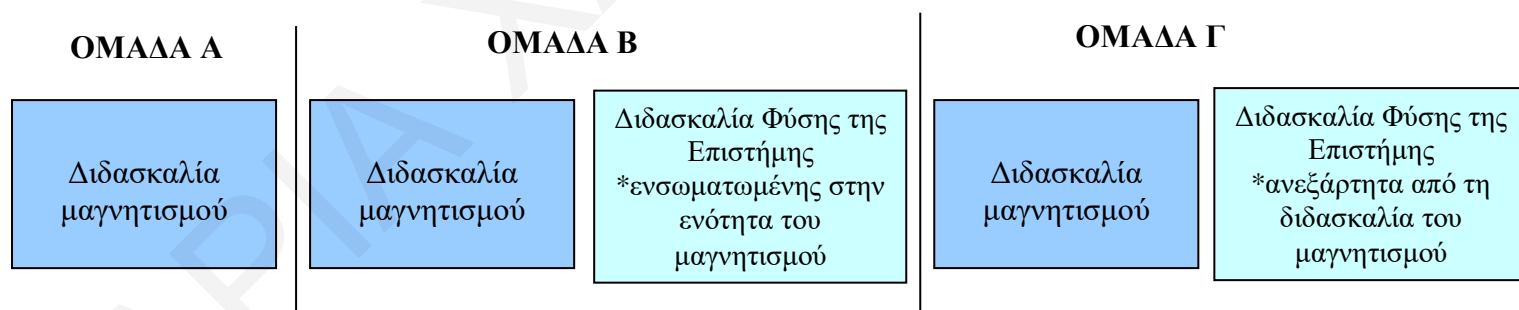
#### 3.1. Συμμετέχοντες - Πλαίσιο εφαρμογής

- *Δείγμα έρευνας*

Η πρώτη μελέτη πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος ΕΠΑ 286: Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό σχολείο, του τμήματος Επιστημών της Αγωγής στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, με θέμα «Μαγνητικές ιδιότητες Υλικών», το Χειμερινό Εξάμηνο 2014. Το συγκεκριμένο μάθημα πραγματοποιείται μια φορά την εβδομάδα και διαρκεί 1,5 ώρα. Οι συμμετέχοντες ήταν 40 προπτυχιακοί φοιτητές, η πλειοψηφία των οποίων βρισκόταν στο 2<sup>ο</sup> ή 3<sup>ο</sup> έτος των σπουδών τους, κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της έρευνας. Η υλοποίηση της έρευνας διήρκησε ένα ακαδημαϊκό εξάμηνο (13 εβδομάδες).

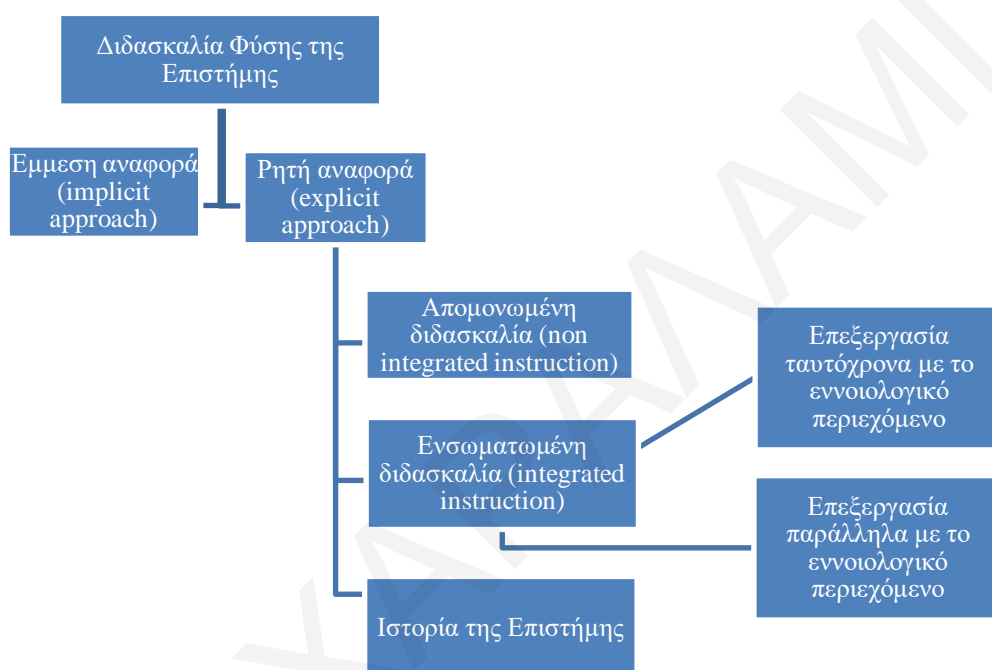
- *Πλαίσιο εφαρμογής*

Προκειμένου να απαντηθούν τα πρώτα τρία ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας, πραγματοποιήθηκε μια επιμέρους μελέτη η οποία είχε συγκεκριμένα μεθοδολογικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν τρεις διαφορετικές ομάδες (Ομάδα Α: N = 13, Ομάδα Β: N = 12, Ομάδα Γ: N = 15), στις οποίες υπήρχαν διαφορές ως προς το περιεχόμενο που διδάχθηκαν (Διάγραμμα 7).



Διάγραμμα 7. Μεθοδολογικός σχεδιασμός 1<sup>ης</sup> μελέτης

Για παράδειγμα στην πρώτη ομάδα, η οποία αποτελούσε την ομάδα ελέγχου, οι φοιτητές διδάχθηκαν αποκλειστικά τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Η διδασκαλία σε αυτή την περίπτωση δεν περιείχε οποιοδήποτε στοιχείο για τη Φύση της Επιστήμης. Αντίθετα, στις άλλες δύο ομάδες (πειραματικές ομάδες) η διδασκαλία αναφερόταν τόσο σε έννοιες του μαγνητισμού όσο και σε κάποια χαρακτηριστικά του τρόπου λειτουργίας της επιστήμης. Συγκεκριμένα, και στις δύο περιπτώσεις εφαρμόστηκε ενσωματωμένη διδασκαλία πτυχών της Φύσης της Επιστήμης (integrated instruction), στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Η διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δύο πειραματικές ομάδες αφορούσε στον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζονταν τα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης (Διάγραμμα 8).



Διάγραμμα 8. Τρόποι διδασκαλίας πτυχών της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της 1<sup>ης</sup> μελέτης

Στην Α΄ πειραματική ομάδα (ομάδα Β) οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού ήταν σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να προωθούν ταυτόχρονα τους στόχους που αφορούν στο εννοιολογικό περιεχόμενο αλλά και στη Φύση της Επιστήμης. Με άλλα λόγια, σε αυτή την περίπτωση γινόταν ταυτόχρονα η προώθηση της κατανόησης των δύο πεδίων. Αυτό είχε σαν έμμεσο αποτέλεσμα τον αναστοχασμό των μαθητών για τις επιστημολογικές διαστάσεις της υπό μελέτη έννοιας. Στην Β΄ πειραματική ομάδα (ομάδα Γ), η διδασκαλία των δύο πεδίων ήταν παράλληλη μεν, αλλά ανεξάρτητη. Συγκεκριμένα, υπήρχαν στο διδακτικό υλικό δραστηριότητες που στόχευαν αποκλειστικά στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της επιστήμης και διαφορετικές δραστηριότητες που προωθούσαν

την εννοιολογική κατανόηση για το φαινόμενο του μαγνητισμού. Όσον αφορά στις δραστηριότητες της Φύσης της Επιστήμης, αξίζει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, ο όρος «ανεξάρτητη διδασκαλία» δεν ταυτίζεται με τον όρο «non integrated instruction» που υπάρχει στη βιβλιογραφία (Κεφάλαιο Βιβλιογραφικής επισκόπησης) και ο οποίος αναφέρεται στην πραγματοποίηση συζητήσεων για πτυχές της Φύσης της Επιστήμης σε πλαίσιο ανεξάρτητο από την επιστήμη, όπως για παράδειγμα η δραστηριότητα με τα ίχνη (tricky tracks) (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998). Αντίθετα, στη δική μας περίπτωση οι σχετικές συζητήσεις γίνονταν στο πλαίσιο της επιστήμης, χωρίς όμως να γίνονταν αναφορά σε κάποια συγκεκριμένη θεματική ενότητα.

Συνοπτικά, η διαφοροποίηση των τριών ομάδων αφορούσε στη διδασκαλία ή όχι στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, καθώς και στον τρόπο διδασκαλίας τους. Παρά τη συγκεκριμένη διαφοροποίηση, η διδασκαλία και στις τρεις περιπτώσεις ακολουθούσε το ίδιο πρότυπο, συγκεκριμένα το πρότυπο «Φυσική με διερώτηση» (McDermott et al, 1996). Με άλλα λόγια, οι συμμετέχοντες και στις τρεις ομάδες, ήταν χωρισμένοι σε μικρές ομάδες των 3-4 μελών, όπου στηριζόμενοι στην ακολουθία του διδακτικού υλικού, πραγματοποιούσαν δραστηριότητες και διάφορα πειράματα, τα οποία τους βοηθούσαν στο να οικοδομήσουν μόνοι τους τη γνώση σχετικά με το φαινόμενο του μαγνητισμού αλλά και για τη Φύση της Επιστήμης (στην περίπτωση των δύο πειραματικών ομάδων). Επιπρόσθετα, και στις τρεις διδασκαλίες, ο ρόλος του εκπαιδευτικού περιοριζόταν στη συζήτηση με τους φοιτητές, σε κάποια προκαθορισμένα σημεία του διδακτικού υλικού.

Η ύπαρξη αυτών των τριών ομάδων μας επέτρεψε να ελέγξουμε αν υπήρχε οποιαδήποτε διαφοροποίηση στον βαθμό της εννοιολογικής κατανόησης των φοιτητών, μετά τη διδακτική παρέμβαση, ανάλογα με το αν η διδασκαλία στην οποία συμμετείχαν περιείχε στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης. Επιπρόσθετα, μέσω του συγκεκριμένου σχεδιασμού μελετήθηκε αν η διαφοροποίηση στον τρόπο διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης (στις δύο πειραματικές ομάδες) επηρέασε την κατανόηση των φοιτητών για τον μαγνητισμό αλλά και για την ίδια τη Φύση της Επιστήμης.

### **3.2. Περιγραφή διδακτικού υλικού**

Το διδακτικό υλικό που εφαρμόστηκε στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης, στόχευε τόσο στην καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας των φοιτητών για τη Φύση της Επιστήμης, όσο και στη βελτίωση της εννοιολογικής τους κατανόησης για το φαινόμενο του μαγνητισμού. Συγκεκριμένα, όσον αφορά στην πρώτη μαθησιακή επιδίωξη, μέσω του διδακτικού υλικού προωθήθηκε κατανόηση για τρεις βασικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης: α. Εμπειρικός χαρακτήρας επιστημονικής γνώσης / Διάκριση παρατήρησης –



ερμηνείας, β. Αβέβαιος χαρακτήρας επιστημονικής γνώσης και γ. Ρόλος δημιουργικότητας επιστημόνων. Ο λόγος που επιλέχθηκαν οι εν λόγω πτυχές, είναι αρχικά γιατί συμπεριλαμβάνονται στην προτεινόμενη λίστα των Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz (2002), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στη βιβλιογραφία. Επιπλέον, οι επιλεγμένες πτυχές παρουσιάζουν συνοχή μεταξύ τους και αφορούν άμεσα στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Στην περίπτωση της εννοιολογικής κατανόησης για τον μαγνητισμό, στόχος της διδακτικής παρέμβασης ήταν η ανάπτυξη λειτουργικών ορισμών, από την πλευρά των φοιτητών, για βασικές έννοιες της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας (μαγνήτης, μαγνητικός πόλος, μαγνητικό πεδίο, μαγνητικές γραμμές).

Το διδακτικό υλικό που εφαρμόστηκε στο πλαίσιο της 1<sup>ης</sup> μελέτης, αποτελείτο συνολικά από επτά ενότητες. Η πρώτη ενότητα στόχευε στην εξοικείωση των φοιτητών με τις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις που παρατηρούνται όταν ένας μαγνήτης πλησιάζει σε διάφορα αντικείμενα. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να παρατηρήσουν πως όταν πλησιάσουμε δύο μαγνήτες δημιουργείται έλξη αλλά και άπωση, ενώ όταν πλησιάσουμε ένα μαγνήτη με κάποιο σιδηρομαγνητικό υλικό παρατηρείται μόνο έλξη μεταξύ τους. Επιπρόσθετα, οι φοιτητές μέσα από τα πειράματα που πραγματοποίησαν στο πλαίσιο του μαθήματος, κατανόησαν ότι υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις υλικών που δεν αλληλεπιδρούν καθόλου με τους μαγνήτες, όπως το πλαστικό και το γυαλί. Στη δεύτερη ενότητα, οι συμμετέχοντες αναγνώρισαν τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας μαγνήτης, δίνοντας περισσότερη σημασία στους μαγνητικούς πόλους. Η επόμενη ενότητα είχε ως στόχο την κατανόηση του ότι και η ίδια η γη συμπεριφέρεται σαν ένας μόνιμος μαγνήτης αφού έχει και αυτή, εκτός από γεωγραφικούς, και μαγνητικούς πόλους. Κατά την ενασχόληση τους με το τέταρτο και το πέμπτο κεφάλαιο, οι φοιτητές προσπάθησαν να βρουν διάφορους τρόπους για τη σύγκριση της έντασης διαφόρων μαγνητών. Επιπλέον, ενασχολήθηκαν με μαγνητικές δέσμες, προκειμένου να κατανοήσουν ότι η ένταση ενός μαγνήτη δεν αυξάνεται ανάλογα, με την προσθήκη άλλων μαγνητών. Οι δύο τελευταίες ενότητες εστιάζονταν στο μαγνητικό πεδίο και στις μαγνητικές γραμμές. Κατά τη διάρκεια αυτών των εννοιών, οι φοιτητές ασχολήθηκαν με τη χαρτογράφηση του μαγνητικού πεδίου, με τη βοήθεια ρινισμάτων σιδήρου και πυξίδων.

Στο πλαίσιο της υφιστάμενης μελέτης, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, υπήρχαν τρεις ομάδες φοιτητών, στις οποίες εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές εκδοχές του διδακτικού υλικού. Συγκεκριμένα, στην πρώτη ομάδα το διδακτικό υλικό απαρτιζόταν αποκλειστικά από την ακολουθία των εννοιών που περιγράφηκαν πιο πάνω, οι οποίες εστιάζονταν στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Αντίθετα, στις εκδοχές του διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκαν στις δύο πειραματικές ομάδες, ενσωματώθηκαν διάχυτες δραστηριότητες που

αναφέρονταν σε στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης. Συγκεκριμένα, στη δεύτερη ομάδα όπου η επεξεργασία του εννοιολογικού περιεχομένου γινόταν ταυτόχρονα με την καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας για τη Φύση της Επιστήμης, οι δραστηριότητες που ενσωματώθηκαν στο διδακτικό υλικό συνδύαζαν τους δύο αυτούς στόχους. Ένα παράδειγμα δραστηριότητας που υπήρχε στο διδακτικό υλικό της Ομάδας Β είναι το ακόλουθο:

Διαβάστε προσεκτικά τον πιο κάτω διάλογο:

**Φοιτητής 1:** «Το μαγνητικό πεδίο αποτελεί μια επινοημένη οντότητα την οποία δημιούργησαν οι επιστήμονες για να εξηγούν τις αλληλεπιδράσεις των μαγνητών. Η επινόηση ιδεών είναι μέρος της Επιστήμης.»

**Φοιτητής 2:** «Διαφωνώ. Οι επιστήμονες δεν μπορούν να επινοούν οντότητες. Πρέπει να αναφέρονται μόνο σε στοιχεία που παρατήρησαν.»

**Φοιτητής 3:** «Συμφωνώ με το ότι η επινόηση είναι μέρος της Επιστήμης. Αλλά οι επιστήμονες επινοούν μόνο κάποιους όρους για τις οντότητες που παρατήρησαν. Δεν επινοούν ολόκληρη την οντότητα.»

Συμφωνείτε με τον φοιτητή 1, με τον φοιτητή 2, με τον φοιτητή 3 ή με κανένα από τους τρεις; Εξηγήστε τον συλλογισμό σας.

Μέσα από την πιο πάνω δραστηριότητα, οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία, από τη μια να αναγνωρίσουν ότι όντως οι επιστήμονες κατά τη διατύπωση θεωριών επινοούν διάφορες έννοιες οι οποίες τους βοηθούν στην ερμηνεία φαινομένων, και από την άλλη να δουν ότι αυτό ισχύει και στην περίπτωση του μαγνητισμού, αφού η έννοια του μαγνητικού πεδίου είναι επινοημένη. Αντίθετα, στην περίπτωση της τρίτης ομάδας, οι δραστηριότητες που ενσωματώθηκαν αναφέρονταν αποκλειστικά στις επιδιωκόμενες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, χωρίς να γινόταν οποιαδήποτε αναφορά στην περίπτωση του φαινομένου του μαγνητισμού. Ένα σχετικό παράδειγμα είναι το ακόλουθο:

Διαβάστε προσεκτικά τον πιο κάτω διάλογο:

**Φοιτητής 1:** «Στόχος της επιστήμης είναι η επεξήγηση διάφορων φαινομένων. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, οι επιστήμονες επινοούν διάφορες οντότητες, οι οποίες τους βοηθούν στην ερμηνεία των φαινομένων.»

**Φοιτητής 2:** «Διαφωνώ. Οι επιστήμονες δεν επινοούν τις οντότητες. Απλά επινοούν διάφορους όρους για κάποιες οντότητες τις οποίες παρατήρησαν.»

Συμφωνείτε με τον φοιτητή 1, τον φοιτητή 2 ή κανένα από τους δύο; Εξηγήστε τον συλλογισμό σας.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι φοιτητές παρακινήθηκαν να σκεφτούν για το αν οι επιστήμονες δικαιούνται ή όχι να επινοούν έννοιες, χωρίς όμως να τους είχε ζητηθεί να σκεφτούν αν αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση του μαγνητισμού, όπως θα γινόταν στην Ομάδα Β.

### **3.3. Μέσα συλλογής δεδομένων**

Για την απάντηση των τριών ερευνητικών ερωτημάτων της 1<sup>ης</sup> μελέτης, συλλέχθηκαν δεδομένα με δύο διαφορετικά μέσα: α) γραπτά έργα αξιολόγησης και β) ημι-δομημένες ατομικές συνεντεύξεις.

#### **3.3.1. Γραπτά έργα αξιολόγησης**

Το πρώτο μέσο συλλογής δεδομένων, ήταν τα γραπτά έργα αξιολόγησης (Παράρτημα), κάποια από τα οποία εστιάζονταν στην αξιολόγηση του βαθμού εννοιολογικής κατανόησης των συμμετεχόντων για τον μαγνητισμό και κάποια άλλα στην αξιολόγηση της κατανόησης συγκεκριμένων πτυχών της Φύσης της Επιστήμης. Κατά την πραγματοποίηση της έρευνας, επιδιώχθηκε η αξιοποίηση έτοιμων έργων αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια άλλων ερευνών (π.χ. Aikenhead, Ryan & Fleming, 1989 – VOSTS; McDermott, et al., 1996). Παρόλα αυτά, στις περιπτώσεις που δεν ήταν δυνατός ο εντοπισμός αντίστοιχων εργαλείων, δημιουργήθηκαν καινούρια έργα αξιολόγησης, για τον σκοπό της παρούσας έρευνας.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης μελέτης χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα έξι γραπτά έργα αξιολόγησης σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση και τέσσερα έργα αξιολόγησης σχετικά με την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης. Όλα τα έργα αξιολόγησης δόθηκαν σε δύο σημεία της διδακτικής παρέμβασης: στην αρχή και στο τέλος. Συγκεκριμένα, δόθηκαν στους συμμετέχοντες στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης, προκειμένου να μελετηθούν οι αρχικές ιδέες τους, αλλά και να εντοπιστούν οι δυσκολίες που παρουσίαζαν. Επιπρόσθετα, μετά το τέλος της διδασκαλίας, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν ξανά τα έργα αξιολόγησης. Μέσα από τα δεδομένα αυτά ελέγξαμε αν υπήρχε οποιαδήποτε βελτίωση στην κατανόηση τους.

Επιπλέον, όλα τα γραπτά έργα αξιολόγησης, δόθηκαν στους φοιτητές όλων των ομάδων, ανεξάρτητα με το περιεχόμενο της διδασκαλίας στην οποία συμμετείχαν. Για παράδειγμα παρόλο που στην ομάδα ελέγχου (ομάδα Α) διδάχθηκε μόνο η ενότητα του μαγνητισμού, εντούτοις δόθηκαν και σε αυτή τα ίδια έργα αξιολόγησης που αναφέρονταν στη Φύση της Επιστήμης, όπως και στις δύο πειραματικές ομάδες. Ο λόγος που έγινε αυτό

ήταν για να επιβεβαιώσουμε ότι η κατανόηση στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης δεν προκύπτει αυθόρμητα, αλλά ότι απαιτεί ρητή αναφορά κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών. Επίσης, παρόλο που όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η διδασκαλία για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης διέφερε ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες, εντούτοις τα εν λόγω έργα αξιολόγησης σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η ορθή συμπλήρωση τους να μην ευνοούταν από κάποια από τις δύο μεθόδους που πραγματοποιήθηκαν.

### **3.3.1.1. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης**

#### Έργο αξιολόγησης 1

Το συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης περιλάμβανε δύο επιμέρους ερωτήσεις multiple choice, οι οποίες αξιολογούσαν τον βαθμό κατανόησης της αλληλεπίδρασης των μαγνητών με άλλα αντικείμενα. Στην πρώτη ερώτηση, οι φοιτητές καλούνταν να διαβάσουν κάποιες δηλώσεις και να επιλέξουν τις σωστές. Οι συγκεκριμένες δηλώσεις αφορούσαν στις κατηγορίες αντικειμένων (π.χ. όλα τα μέταλλα, άλλους μαγνήτες κτλ.) με τα οποία αλληλεπιδρούν οι μαγνήτες. Στη δεύτερη ερώτηση, απεικονίζονταν κάποια αντικείμενα (βιβλίο, χάλκινο κέρμα, συνδετηράκι κτλ.), από τα οποία έπρεπε οι φοιτητές να επιλέξουν ποια αλληλεπιδρούν με ένα μαγνήτη.

#### Έργο αξιολόγησης 2

Το δεύτερο έργο αξιολόγησης αφορούσε στη διερεύνηση του βαθμού κατανόησης της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε δύο ραβδόμορφους μαγνήτες. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές καλούνταν να περιγράψουν αρχικά το τι συμβαίνει ότι πλησιάσουν δύο όμοιοι πόλοι δύο μαγνητών και έπειτα τι παρατηρείται ότι πλησιάσουν δύο αντίθετοι πόλοι. Στόχος του συγκεκριμένου εργαλείου, ήταν η διερεύνηση του βαθμού κατανόησης των εννοιών της «έλξης» και της «άπωσης».

#### Έργο αξιολόγησης 3

Μέσα από τη συμπλήρωση του τρίτου έργου αξιολόγησης, επιδιώκαμε τον έλεγχο του βαθμού αναγνώρισης της λειτουργίας της γης σαν μαγνήτης, αφού η γη εκτός από γεωγραφικούς πόλους έχει και μαγνητικούς πόλους. Στο εν λόγω έργο, περιγραφόταν ένα πείραμα κατά το οποίο διάφοροι μαγνήτες ήταν κρεμασμένοι σε ένα δωμάτιο και οι φοιτητές καλούνταν να προβλέψουν το πώς θα προσανατολιζόνταν οι μαγνήτες, με την προϋπόθεση ότι δεν επηρέαζε ο ένας τον άλλον. Συγκεκριμένα, έπρεπε να σκεφτούν το πώς θα

προσανατολιζόνταν οι μαγνήτες στην περίπτωση που δεν αλληλεπιδρούσαν με άλλα αντικείμενα που βρίσκονταν γύρω τους.

#### Έργο αξιολόγησης 4

Μια άλλη πτυχή που αξιολογήθηκε στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης, ήταν η κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στην ένταση ενός μαγνήτη και στο μέγεθος του. Στο συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης, οι φοιτητές κλήθηκαν να εκφράσουν τη σκέψη τους, σχετικά με το αν οι μεγάλοι σε μέγεθος μαγνήτες είναι πάντα πιο ισχυροί από τους μικρότερους.

#### Έργο αξιολόγησης 5

Στο πέμπτο έργο αξιολόγησης παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες της 1<sup>ης</sup> μελέτης, ένας μαγνήτης, ο οποίος έσπασε σε δύο επιμέρους κομμάτια και έπρεπε να σκεφτούν το τι θα συνέβαινε αν ενώνονταν πάλι τα δύο κομμάτια. Στη συνέχεια, υπήρχε μια επιπλέον ερώτηση, η οποία ζητούσε τον προσδιορισμό των πόλων των δύο επιμέρους κομματιών του μαγνήτη, αν αυτός ήταν εφικτός. Ουσιαστικά, μέσω του συγκεκριμένου έργου, επιδιώχθηκε η διερεύνηση του αν οι φοιτητές κατανοούσαν ότι ένας ραβδόμορφος μαγνήτης, αποτελείται από πολλούς μικρότερους μαγνήτες, οι οποίοι είναι 'τοποθετημένοι' ο ένας δίπλα στον άλλο, έχοντας ενωμένους τους αντίθετους τους πόλους.

#### Έργο αξιολόγησης 6

Το έκτο έργο αξιολόγησης, το οποίο περιλάμβανε δύο ερωτήσεις, αφορούσε στο μαγνητικό πεδίο και κατ' επέκταση στις μαγνητικές γραμμές. Στην πρώτη ερώτηση, παρουσιαζόταν στους φοιτητές το διάγραμμα ενός ραβδόμορφου μαγνήτη, γύρω από τον οποίο είχαν τοποθετηθεί τρεις πυξίδες. Οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν το πώς θα προσανατολιζόταν η κάθε πυξίδα και να εξηγήσουν το σκεπτικό τους. Μέσω αυτού του ερωτήματος, θέλαμε να ελέγξουμε το αν οι συμμετέχοντες της έρευνας κατανοούσαν ότι οι πυξίδες επηρεάζονταν από το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη και ότι θα προσανατολιζόνταν με βάση τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Στη δεύτερη ερώτηση, οι φοιτητές κλήθηκαν να εξηγήσουν το αν πίστευαν ότι η αλληλεπίδραση ενός μαγνήτη με ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο θα επηρεαζόταν, στην περίπτωση που πλησίαζε ένας άλλος μαγνήτης κοντά τους. Ουσιαστικά, θέλαμε να αξιολογήσουμε την κατανόηση του ότι το μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη και κατ' επέκταση η αλληλεπίδραση του με άλλα σιδηρομαγνητικά αντικείμενα, επηρεάζεται όταν πλησιάσει εντός του μαγνητικού πεδίου οποιοδήποτε άλλο σιδηρομαγνητικό αντικείμενο ή μαγνήτης.

### 3.3.1.2. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης

#### Έργο αξιολόγησης 1

Το πρώτο έργο αξιολόγησης για τη Φύση της Επιστήμης, επιδίωκε στην αξιολόγηση της κατανόησης της διάκρισης παρατήρησης – ερμηνείας. Έτσι λοιπόν, στο πρώτο ερώτημα του έργου αξιολόγησης, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές 10 δηλώσεις και κλήθηκαν να προσδιορίσουν αν η κάθε μια από αυτές αποτελούσε παράδειγμα παρατήρησης, ερμηνείας ή κανένα από τα δύο. Στη συνέχεια, κατά την απάντηση του δεύτερου ερωτήματος, έπρεπε να προσδιορίσουν έναν κανόνα, με βάση τον οποίο οι ίδιοι διαχώριζαν τις παρατηρήσεις από τις ερμηνείες.

#### Έργο αξιολόγησης 2

Η κατανόηση της επινοημένης φύσης των επιστημονικών θεωριών ήταν μια άλλη διάσταση που επιδιώκαμε να αξιολογήσουμε μέσω του δεύτερου έργου αξιολόγησης. Σε αυτή την περίπτωση, αφού παρουσιάζονταν αρχικά παραδείγματα ανακάλυψης (αρχαία αντικείμενα) και επινόησης (μουσική για ένα τραγούδι), οι φοιτητές έπρεπε να σκεφτούν και να εξηγήσουν το τι συμβαίνει στην περίπτωση των επιστημονικών θεωριών.

#### Έργο αξιολόγησης 3

Ο ρόλος της επινόησης, ήταν μια άλλη πτυχή της Φύσης της Επιστήμης που θέλαμε να αξιολογήσουμε στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης. Στο τρίτο έργο αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, οι φοιτητές κλήθηκαν να σκεφτούν αν τα σωματίδια στα οποία αναφέρονται οι επιστήμονες, προέκυψαν μέσω της άμεσης παρατήρησης τους από μικροσκόπια, μέσω πειραμάτων ή αν αποτελούν επινόηση, η οποία τους βοηθά στην εξήγηση διάφορων φαινομένων.

#### Έργο αξιολόγησης 4

Το τέταρτο έργο αξιολόγησης περιλάμβανε τρία επιμέρους ερωτήματα. Το πρώτο ερώτημα αφορούσε στον βαθμό βεβαιότητας της επιστημονικής γνώσης. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές ερωτήθηκαν για το πόσο σίγουροι πιστεύουν ότι είναι επιστήμονες για τη δομή των αντικειμένων (αποτελούνται από μικρά σωματίδια) και στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να σκεφτούν σε ποια στοιχεία στηρίχθηκαν οι επιστήμονες για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών. Το δεύτερο ερώτημα, ζητούσε από τους φοιτητές να προσδιορίσουν τα στοιχεία που χρησιμοποίησαν οι επιστήμονες κατά τη διατύπωση της θεωρίας για τη δομή των υλικών,

στοχεύοντας στη διερεύνηση του βαθμού αναγνώρισης του ρόλου της δημιουργικότητας. Τέλος, κατά την απάντηση του τρίτου ερωτήματος, οι συμμετέχοντες της έρευνας έπρεπε να εξηγήσουν τη βασική διαφορά που θεωρούσαν ότι υπάρχει ανάμεσα στη δημιουργικότητα που χρησιμοποιεί ένας επιστήμονας από τη δημιουργικότητα που χρησιμοποιεί ένας καλλιτέχνης. Μέσω του συγκεκριμένου ερωτήματος, επιδιώχθηκε η αξιολόγηση του βαθμού αναγνώρισης του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης.

### **3.3.2. Ημι-δομημένες ατομικές συνεντεύξεις**

Σαν δεύτερο μέσο συλλογής δεδομένων, πραγματοποιήθηκαν κάποιες ημι-δομημένες ατομικές συνεντεύξεις. Κατά τη διάρκεια της 1<sup>ης</sup> μελέτης, 21 φοιτητές συμμετείχαν σε συνεντεύξεις (Ομάδα Α: N = 9, Ομάδα Β: N = 6, Ομάδα Γ: N = 6), μετά τη διδακτική παρέμβαση. Το εν λόγω μέσο είχε συμπληρωματικό ρόλο ως προς τα δεδομένα που λήφθηκαν μέσω των έργων αξιολόγησης, αφού το πρωτόκολλο συνέντευξης περιείχε κατά κύριο λόγο τις ερωτήσεις που απάντησαν γραπτώς οι συμμετέχοντες. Αλλά σε αυτή την περίπτωση, υπήρχε η δυνατότητα από τους φοιτητές για λεπτομερέστερη περιγραφή των αντιλήψεων τους και της υποβολής επιπρόσθετων διευκρινιστικών ερωτήσεων από τον ερευνητή.

### **3.4. Διαχείριση ηθικών ζητημάτων**

Κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, επιδιώχθηκε εξαρχής η ηθικά σωστή αντιμετώπιση των συμμετεχόντων. Έτσι, στο πρώτο μάθημα, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για την ερευνητική πτυχή του μαθήματος στο οποίο συμμετείχαν και για τη χρήση των δεδομένων που θα συλλέγονταν από αυτούς. Επίσης, ερωτήθηκαν για το ποιοι επιθυμούσαν να συμμετάσχουν στις ατομικές συνεντεύξεις, χωρίς να επιβληθεί σε κανένα η συμμετοχή του σε αυτές.

### **3.5. Ανάλυση δεδομένων**

Μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης και τη δεύτερη χορήγηση των έργων αξιολόγησης αλλά και την πραγματοποίηση των συνεντεύξεων, έγινε η ανάλυση των δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο, ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές διαδικασίες ανάλογα με το αν τα έργα αξιολόγησης είχαν χορηγηθεί σε προηγούμενες έρευνες στο παρελθόν, ή αν χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Στην πρώτη περίπτωση (έργα αξιολόγησης που ξαναχρησιμοποιήθηκαν), προσπαθήσαμε να εφαρμόσουμε τις υφιστάμενες κατηγορίες που προέκυψαν από προηγούμενες αναλύσεις, κατά την επεξεργασία των δεδομένων. Στην αντίθετη περίπτωση, έγινε η ποιοτική κατηγοριοποίηση των δεδομένων μέσα από την ακολουθία του προτύπου «content analysis»

(Cohen, Manion & Morrison, 2007), όπου επιχειρήθηκε η ανάδειξη των διαφορών ανάμεσα στις δοθείσες απαντήσεις. Επίσης, σε αυτό το στάδιο έγιναν οι απομαγνητοφωνήσεις των συνεντεύξεων και έπειτα η κατηγοριοποίηση των δηλώσεων που αντιστοιχούσαν στην κάθε ερώτηση.

Κατά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας έγινε η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, κατά τη διάρκεια της οποίας απώτερος στόχος ήταν ο έλεγχος των τριών βασικών ερωτημάτων της μελέτης. Η απάντηση του πρώτου ερωτήματος, απαιτούσε αρχικά τη σύγκριση των αρχικών απαντήσεων των φοιτητών, προκειμένου να διαφανεί αν όλοι οι συμμετέχοντες είχαν περίπου το ίδιο επίπεδο κατανόησης, όσον αφορά τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού και τη Φύση της Επιστήμης, πριν τη συμμετοχή τους στις διδασκαλίες. Στη συνέχεια, έγινε η σύγκριση των τελικών απαντήσεων, προκειμένου να εντοπιστεί αν υπήρχε οποιαδήποτε διαφοροποίηση στον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης ανάλογα με το αν η διδασκαλία περιλάμβανε ή όχι στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης. Επιπλέον, υπολογίστε ο βαθμός βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης των συμμετεχόντων των τριών ομάδων.

Στην περίπτωση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος, διερευνήθηκε το αν υπήρχε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στην τελική επίδοση των φοιτητών της Ομάδας Β και της Ομάδας Γ, όσον αφορά στην ικανότητα τους να εφαρμόζουν επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα, προκειμένου να δούμε αν κάποιος από τους δύο τρόπους διδασκαλίας των πτυχών της Φύσης της Επιστήμης ήταν πιο αποτελεσματικός.

Κατά αντίστοιχο τρόπο, στο πλαίσιο διερεύνησης του τρίτου ερευνητικού ερωτήματος, μελετήθηκε πάλι αν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες (Ομάδα Β και Γ), αυτή τη φορά ως προς τον βαθμό κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης.

### **3.6. Αξιοπιστία και εγκυρότητα έρευνας**

Τόσο κατά τον σχεδιασμό όσο και κατά την πραγματοποίηση της έρευνας, λήφθηκαν τα κατάλληλα μέτρα προκειμένου να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της. Αυτή η προσπάθεια αφορούσε τόσο τα μέσα συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, την πραγματοποίηση της έρευνας, όσο και την κωδικοποίηση των δεδομένων.

#### **3.6.1. Μέσα συλλογής δεδομένων**

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, κάποια από τα έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της υφιστάμενης έρευνας, είχαν χορηγηθεί και σε προηγούμενες έρευνες, και έτσι με αυτό τον τρόπο ενισχύθηκε η εγκυρότητα και η αξιοπιστία τους. Στην περίπτωση όπου δεν υπήρχαν έτοιμα έργα αξιολόγησης, κληθήκαμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές λύσεις. Όπου ήταν δυνατό, επιχειρήθηκε η



τροποποίηση υφιστάμενων έργων αξιολόγησης, προκειμένου η νέα εκδοχή τους να ανταποκρινόταν στις ανάγκες της δικής μας έρευνας. Όπου αυτό δεν ήταν εφικτό, αναπτύχθηκαν καινούρια έργα αξιολόγησης, για τα οποία ακολουθήθηκε η διαδικασία εγκυροποίησης τους. Σε αυτή τη διαδικασία, ζητήθηκε από κάποια έμπειρα άτομα του χώρου της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, να συμπληρώσουν τα έργα αξιολόγησης. Μέσα από αυτή τη συνεργασία προέκυψαν κάποιες χρήσιμες συμβουλές, με βάση τις οποίες τροποποιήθηκαν αναλόγως τα μέσα συλλογής δεδομένων, προκειμένου να μετρούν, όσο πιο αποτελεσματικά, γινόταν τις πληροφορίες που επιδιώκαμε.

Επιπρόσθετα, πριν από τη χορήγηση των έργων αξιολόγησης ζητήθηκε από κάποιους μεταπτυχιακούς φοιτητές, να συμπληρώσουν όλα τα έργα αξιολόγησης και να συμμετέχουν στις συνεντεύξεις. Στόχος αυτής της διαδικασίας ήταν ο έλεγχος της συνέπειας των ερωτημάτων με τις απαντήσεις που δόθηκαν. Επίσης, οι συγκεκριμένοι φοιτητές ερωτήθηκαν για το αν είχαν να κάνουν κάποιες εισηγήσεις για τη βελτίωση των έργων αξιολόγησης αλλά και του πρωτοκόλλου συνέντευξης.

Αφού πέρασαν και τα δύο μέσα συλλογής δεδομένων από τις πιο πάνω διαδικασίες, τότε χορηγήθηκαν κατά τη διάρκεια μιας πιλοτικής εφαρμογής, προκειμένου να πάρουν την τελική του μορφή για την επίσημη χορήγηση τους.

### **3.6.2. Πραγματοποίηση έρευνας**

Λόγω του κατά τη διάρκεια της πρώτης μελέτης, εφαρμόστηκαν διαφοροποιημένες διδασκαλίες, ήταν σημαντικό να διατηρηθούν κάποιοι παράγοντες σταθεροί κατά την εφαρμογή τους. Για παράδειγμα, η διαφοροποίηση που υπήρχε ανάμεσα στις τρεις ομάδες περιορίστηκε μόνο στο σε ποια πεδία εστιάστηκε η διδασκαλία σε κάθε περίπτωση (ομάδα Α: το διδακτικό υλικό προωθούσε την εννοιολογική κατανόηση για τον μαγνητισμό, ομάδα Β: το διδακτικό υλικό προωθούσε ταυτόχρονα την εννοιολογική κατανόηση για το μαγνητισμό και στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης, ομάδα Γ: το διδακτικό υλικό προωθούσε την εννοιολογική κατανόηση για τον μαγνητισμό και στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης παράλληλα αλλά ανεξάρτητα) ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές ήταν οι ίδιες και στις τρεις ομάδες. Για παράδειγμα, η διάρκεια των διδασκαλιών και στις τρεις περιπτώσεις ήταν η ίδια - ένα ακαδημαϊκό εξάμηνο. Επίσης, οι διδάσκοντες και ο τρόπος εργασίας των φοιτητών ήταν ο ίδιος. Τέλος τα δεδομένα, τόσο τα αρχικά όσο και τα τελικά, λήφθηκαν στο ίδιο σημείο στην ομάδα ελέγχου και στις δύο πειραματικές ομάδες.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι επιχειρήθηκε εξ' αρχής, στον βαθμό που ήταν εφικτό, η δημιουργία ισοδύναμων ομάδων. Με άλλα λόγια, προσπαθήσαμε οι συμμετέχοντες των ομάδων να ήταν περίπου στον ίδιο βαθμό εννοιολογικά και επιστημολογικά ενημερωμένοι,

προκειμένου να ενισχυθεί το επιχείρημα ότι η οποιαδήποτε διαφοροποίηση που πιθανόν να παρατηρήθηκε στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων, οφειλόταν στο περιεχόμενο των διδασκαλιών που εφαρμόστηκαν.

### 3.6.3. Κωδικοποίηση δεδομένων

Θέλοντας να ενισχύσουμε την αξιοπιστία της διαδικασίας της κωδικοποίησης, υπήρχε συνεχής συνεργασία με ένα δεύτερο ερευνητή, ο οποίος ήταν ενημερωμένος για τον σκοπό και το πλαίσιο της έρευνας, αλλά και για θέματα που αφορούσαν στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού και τη Φύση της Επιστήμης. Με τον συγκεκριμένο ερευνητή πραγματοποιούνταν συζητήσεις κατά τις οποίες συζητούνταν διάφορα θέματα π.χ. περιπτώσεις απαντήσεων όπου το σκεπτικό που εκφράστηκε δεν ήταν απόλυτα ξεκάθαρο.

Μετά την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης των δεδομένων, ζητήθηκε από έναν τρίτο ερευνητή να μελετήσει ένα μέρος των δεδομένων (20%), προκειμένου να ελεγχθεί το αν υπήρχε ικανοποιητικός βαθμός σύγκλισης στον τρόπο κατηγοριοποίησης των απαντήσεων. Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου Cohen's kappa, για κάθε έργο αξιολόγησης, που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας των δεδομένων της 1<sup>ης</sup> μελέτης

Έργα αξιολόγησης	Cohen's kappa
<b>Εννοιολογική κατανόηση</b>	
Έργο αξιολόγησης 2	0.841
Έργο αξιολόγησης 3	1
Έργο αξιολόγησης 4	0.846
Έργο αξιολόγησης 5	1
Έργο αξιολόγησης 6_A	0.615
Έργο αξιολόγησης 6_B	0.524
Έργο αξιολόγησης 7	1
<b>Φύση της Επιστήμης</b>	
Έργο αξιολόγησης 1_B	0.783
Έργο αξιολόγησης 2	1
Έργο αξιολόγησης 3	0.727
Έργο αξιολόγησης 4_A	1
Έργο αξιολόγησης 4_B	0.737
Έργο αξιολόγησης 4_Γ	1

### 3.7. Περιορισμοί στη μεθοδολογία

Παρόλο που κατά τον μεθοδολογικό σχεδιασμό της υφιστάμενης έρευνας, επιδιώχθηκε η εξομάλυνση όλων των μεταβλητών που μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά την αξιοπιστία ή τα αποτελέσματα της, εντούτοις ένας περιορισμός της δεν μπορούσε να τροποποιηθεί. Το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες της μελέτης ήταν φοιτητές του τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου, δεν καθιστά το δείγμα της όλης έρευνας τυχαίο. Αντίθετα, το δείγμα χαρακτηρίζεται ως αυτοεπιλεγόμενο. Ένας άλλος περιορισμός της παρούσας έρευνας είναι ότι το δείγμα δεν είναι μεγάλο, καθώς και ότι η έρευνα εστιάζεται μόνο στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Οι περιορισμοί αυτοί ελαχιστοποιούν, σε μεγάλο βαθμό, τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά, κάτι τέτοιο δεν αποτελούσε στόχο της παρούσας εργασίας. Αντίθετα, η συγκεκριμένη μελέτη επιδίωκε στη βελτίωση της κατανόησης μας για τη διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Αποτελέσματα - 1η μελέτη

Η ανάλυση των δεδομένων της 1<sup>ης</sup> μελέτης επιδίωκε αρχικά στη διερεύνηση του αν οι συμμετέχοντες της έρευνας βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους, τόσο για τη Φύση της Επιστήμης όσο και για τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού, μετά την πραγματοποίηση των τριών διδασκαλιών. Απώτερος όμως στόχος της ανάλυσης, ήταν η μελέτη του αν η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της επιστήμης, ενίσχυσε την κατανόηση των φοιτητών για τον μαγνητισμό και αν ο διαφορετικός τρόπος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης είχε επίδραση στον βαθμό κατανόησης της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού και στον βαθμό κατανόησης βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών στα γραπτά έργα αξιολόγησης και θα παρατεθούν αποσπάσματα από τις απομαγνητοφωνήσεις των συνεντεύξεων που πραγματοποιήθηκαν μετά το τέλος της έρευνας.

Πίνακας 5. Βαθμός συμφωνίας όσον αφορά στη γενική τοποθέτηση των φοιτητών, κατά τη συμπλήρωση των γραπτών έργων αξιολόγησης και της τελικής συνέντευξης

Έργο αξιολόγησης	Βαθμός συμφωνίας		
	Ομάδα Α	Ομάδα Β	Ομάδα Γ
<b>Εννοιολογική κατανόηση</b>			
Έργο αξιολόγησης 1	100% (9/9)	100% (6/6)	100% (6/6)
Έργο αξιολόγησης 2	89% (8/9)	100% (6/6)	83% (5/6)
Έργο αξιολόγησης 4	100% (9/9)	100% (6/6)	100% (6/6)
Έργο αξιολόγησης 5	89% (8/9)	100% (6/6)	83% (5/6)
Έργο αξιολόγησης 6_A	100% (9/9)	83% (5/6)	83% (5/6)
Έργο αξιολόγησης 6_B	67% (6/9)	83% (5/6)	83% (5/6)
<b>Φύσης της Επιστήμης</b>			
Έργο αξιολόγησης 1	100% (9/9)	100% (6/6)	100% (6/6)
Έργο αξιολόγησης 2	67% (6/9)	33% (2/6)	67% (4/6)
Έργο αξιολόγησης 3	78% (7/9)	83% (5/6)	100% (6/6)
Έργο αξιολόγησης 4_A	89% (8/9)	83% (5/6)	50% (3/6)
Έργο αξιολόγησης 4_Γ	86% (6/7)	100% (4/4)	80% (4/5)

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται το ποσοστό συμφωνίας του γενικού τρόπου τοποθέτησης των φοιτητών κατά τη συμπλήρωση των γραπτών έργων αξιολόγησης σε σύγκριση με την τοποθέτηση που πήραν κατά τη διάρκεια των τελικών συνεντεύξεων, στοχεύοντας στη διερεύνηση του βαθμού αξιοπιστίας των απαντήσεων τους. Όπως φαίνεται, το ποσοστό συμφωνίας σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, ήταν αρκετά υψηλό, κάτι που ενισχύει την πεποίθηση μας ότι τα δεδομένα μας είναι αξιόπιστα. Άλλωστε όπως υποστηρίζουν οι Driver et. al (1996) και Sandoval & Cam (2011) (Alpaslan, Yalvac, & Loving, 2017) είναι σύνηθες φαινόμενο οι μαθητές να απαντούν με ασυνέπεια, όταν ερωτώνται το ίδιο πράγμα αλλά σε διαφορετικό πλαίσιο (π.χ. ειδικό vs γενικό). Στην παρούσα έρευνα, φαίνεται ότι το φαινόμενο αυτό ήταν περιορισμένο.

#### **4.1.1 Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση**

##### **Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Α**

Όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο της Μεθοδολογίας, το 1<sup>ο</sup> έργο αξιολόγησης αποτελείται από δύο επιμέρους ερωτήματα. Στο πρώτο ερώτημα, ορθή απάντηση θεωρείτο η επιλογή της 5<sup>ης</sup> δήλωσης (οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν και με άλλους μαγνήτες και αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο), αφού ήταν η μόνη που αναφερόταν σε όλα τα αντικείμενα με τα οποία αλληλεπιδρούν οι μαγνήτες. Εντούτοις, ορθοί θεωρήθηκαν και οι φοιτητές που εκτός από την επιλογή της 5<sup>ης</sup> δήλωσης, επέλεξαν επιπλέον την 3<sup>η</sup> δήλωση (οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν μόνο με άλλους μαγνήτες), ή την 4<sup>η</sup> δήλωση (οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν μόνο με αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο) ή και τις δύο. Στην περίπτωση, που κάποιος συμμετέχοντας επέλεγε την 3<sup>η</sup> ή την 4<sup>η</sup> δήλωση, χωρίς όμως να επιλέξει και την 5<sup>η</sup>, που ήταν ουσιαστικά η σωστή απάντηση, τότε η απάντηση του κωδικοποιήθηκε σαν λανθασμένη.

Για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το πρώτο ερώτημα του 1<sup>ου</sup> έργου αξιολόγησης, χρησιμοποιήθηκαν αρχικά οι έλεγχοι Kruskal- Wallis Test και Mann Whitney του στατιστικού πακέτου SPSS, προκειμένου να διερευνηθούν τυχόν διαφορές ανάμεσα στις ομάδες πριν τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι τρεις ομάδες ήταν αρχικά ισοδύναμες, αφού δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $\chi^2(2) = 1.947$ ,  $p > 0.05$ ), αλλά ούτε ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες ( $U(12,15) = 78.000$ ,  $Z = -0.688$ ,  $p > 0.05$ ). Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι κατά την αρχική χορήγηση του έργου αξιολόγησης, μόνο 5/13 φοιτητές από την πρώτη ομάδα, 8/12 από τη δεύτερη και 8/15 από την τρίτη ομάδα απάντησαν ορθά στο ερώτημα. Μετά τη

διδασκτική παρέμβαση, αφού τρέξαμε ξανά τον ίδιο έλεγχο, παρατηρήσαμε ότι πάλι τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη δεύτερη χορήγηση του έργου αξιολόγησης εισηγούνταν ότι οι τρεις ομάδες δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $\chi^2(2)= 4.789$ ,  $p > 0.05$ ), όπως ούτε και οι πειραματικές ομάδες μεταξύ τους ( $U(12,15)=75.000$ ,  $Z=-1.612$ ,  $p>0.05$ ). Παρόλα αυτά, ο έλεγχος Wilcoxon Test υπέδειξε ότι οι συμμετέχοντες της πρώτης ( $Z(13) = -2.828$ ,  $p < 0.05$ ) και της τρίτης ομάδας ( $Z(15) = -2.646$ ,  $p < 0.05$ ) βελτίωσαν στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις τους μετά τη διδασκτική παρέμβαση, σε αντίθεση με τους συμμετέχοντες της δεύτερης ομάδας που δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση ( $Z(12) = -1.414$ ,  $p > 0.05$ ).

### **Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Β**

Κατά την απάντηση του δεύτερου ερωτήματος του 1<sup>ου</sup> έργου αξιολόγησης, οι φοιτητές έπρεπε να επιλέξουν σαν αντικείμενα με τα οποία αλληλεπιδρά ένας μαγνήτης, το ψαλίδι, το συνδετηράκι, τον μαγνήτη, τις καρφοβελόνες, την πινέζα και το μεταλλικό μέρος παραθύρων. Η επιλογή οποιουδήποτε άλλου αντικειμένου κατηγοριοποιήθηκε σαν λανθασμένη απάντηση. Ο έλεγχος Kruskal- Wallis Test υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες πριν τη διδασκτική παρέμβαση, σε καμιά από τις δώδεκα επιλογές (Επιλογή ψαλιδιού:  $\chi^2(2) = 0.671$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή μολυβιού:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή χάλκινου κέρματος:  $\chi^2(2) = 1.061$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή συνδετήρα:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή οδοντόβουρτσας:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή μαγνήτη:  $\chi^2(2) = 2.167$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή καρφοβελονών:  $\chi^2(2) = 0.292$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή βιβλίου:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή ποτηριού:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή πινέζας:  $\chi^2(2) = 3.260$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή γραβάτας:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή μεταλλικού μέρους παραθύρου:  $\chi^2(2) = 1.382$ ,  $p > 0.05$ ). Επιπλέον, μέσα από τη σύγκριση των πειραματικών ομάδων μέσω του ελέγχου Mann Whitney, πάλι δεν εντοπίστηκαν οποιεσδήποτε διαφορές (Επιλογή ψαλιδιού: ( $U(12,15)=79.500$ ,  $Z=-0.761$ ,  $p>0.05$ ) Επιλογή μολυβιού: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή χάλκινου κέρματος: ( $U(12,15)=72.000$ ,  $Z=-1.020$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή συνδετήρα: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή οδοντόβουρτσας: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή μαγνήτη: ( $U(12,15)=87.000$ ,  $Z=-0.238$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή καρφοβελονών: ( $U(12,15)=85.500$ ,  $Z=-0.403$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή βιβλίου: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή ποτηριού: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή πινέζας: ( $U(12,15)=66.000$ ,  $Z=-1.739$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή γραβάτας: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ), Επιλογή μεταλλικού μέρους παραθύρου: ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ )).

Παρόμοια ευρήματα παρουσιάστηκαν και κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων των φοιτητών, αφού ούτε σε αυτή την περίπτωση εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες (Επιλογή ψαλιδιού:  $\chi^2(2) = 2.333$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή μολυβιού:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή χάλκινου κέρματος:  $\chi^2(2) = 3.538$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή συνδετήρα:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή οδοντόβουρτσας:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή μαγνήτη:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή καρφοβελονών:  $\chi^2(2) = 1.757$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή βιβλίου:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή ποτηριού:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή πινέζας:  $\chi^2(2) = 0.059$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή γραβάτας:  $\chi^2(2) = 0$ ,  $p > 0.05$ , Επιλογή μεταλλικού μέρους παραθύρου:  $\chi^2(2) = 2.077$ ,  $p > 0.05$ ) αλλά ούτε ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες (Επιλογή ψαλιδιού:  $(U(12,15)=82.500, Z=-1.118, p>0.05)$  Επιλογή μολυβιού:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή χάλκινου κέρματος:  $(U(12,15)=64.500, Z=-1.638, p>0.05)$ , Επιλογή συνδετήρα:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή οδοντόβουρτσας:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή μαγνήτη:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή καρφοβελονών:  $(U(12,15)=85.500, Z=-0.403, p>0.05)$ , Επιλογή βιβλίου:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή ποτηριού:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή πινέζας:  $(U(12,15)=87.000, Z=-0.238, p>0.05)$ , Επιλογή γραβάτας:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ , Επιλογή μεταλλικού μέρους παραθύρου:  $(U(12,15)=90.000, Z=0, p>0.05)$ ). Θέλοντας να διερευνήσουμε αν παρουσιάστηκε βελτίωση στην επίδοση των φοιτητών, μετά τη διδακτική παρέμβαση, υπολογίστηκε το άθροισμα των μονάδων που συγκέντρωσε ο κάθε συμμετέχοντας από τη συμπλήρωση του συγκεκριμένου ερωτήματος, παίρνοντας μια μονάδα για κάθε σωστή επιλογή και καμία για κάθε λανθασμένη (το ανώτατο score ήταν 12 μονάδες). Με τη βοήθεια του Wilcoxon Test, παρατηρήσαμε ότι και οι τρεις διδασκαλίες βοήθησαν τους φοιτητές να κατανοήσουν με ποια αντικείμενα αλληλεπιδρούν οι μαγνήτες, αφού και στις τρεις περιπτώσεις εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση (Ομάδα Α:  $Z(13) = -1.994$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(12) = -2.165$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.511$ ,  $p < 0.05$ ). Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα, μέσα από το οποίο φαίνεται η βελτίωση των φοιτητών είναι η επιλογή του χάλκινου κέρματος. Σε αυτή την περίπτωση, αρκετοί από τους συμμετέχοντες στις αρχικές τους απαντήσεις, δήλωσαν ότι το χάλκινο κέρμα αλληλεπιδρά με τον μαγνήτη (Ομάδα Α: 6/13, Ομάδα Β: 4/12, Ομάδα Γ: 8/15). Μετά όμως από τη διεξαγωγή διάφορων πειραμάτων με τους μαγνήτες κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών, ο αριθμός των φοιτητών που εξακολουθούσε να έχει αυτή την άποψη μειώθηκε (Ομάδα Α: 2/13, Ομάδα Β: 5/12, Ομάδα Γ: 2/15). Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι μια από τις εναλλακτικές ιδέες που είχαν οι συμμετέχοντες πριν τη συμμετοχή τους στην έρευνα, το ότι οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν με όλα τα μέταλλά, σε κάποιες περιπτώσεις συνέχισε να υπάρχει και μετά τις διδακτικές

παρεμβάσεις. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει το πόσο εδραιωμένη ήταν αυτή η αντίληψη στο μυαλό των φοιτητών.

## Έργο αξιολόγησης 2

Στόχος του δεύτερου δοκιμίου, ήταν η αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης των φοιτητών για τον τρόπο αλληλεπίδρασης των όμοιων και ανόμοιων πόλων των μαγνητών (ορθή απάντηση: οι όμοιοι πόλοι απωθούνται και οι ανόμοιοι έλκονται). Κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων που συλλέχθηκαν από το προπειραματικό δοκίμιο (Πίνακας 6), παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών, γνώριζε πριν τη διδακτική παρέμβαση τους διάφορους τρόπους αλληλεπίδρασης των μαγνητικών πόλων (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=8, Ομάδα Β: N=8, Ομάδα Γ: N=9). Εντούτοις, εντοπίστηκαν κάποιες περιπτώσεις (Κατηγορία 2), όπου οι συμμετέχοντες υποστήριζαν ότι οι όμοιοι πόλοι δεν έλκονται, σε αντίθεση με τους ανόμοιους πόλους. Ίσως, οι συγκεκριμένοι φοιτητές να μην γνώριζαν τη λέξη «απωθούνται» και γι αυτό να αρκέστηκαν στην περιγραφή του ότι οι όμοιοι πόλοι δεν έλκονται. Επιπρόσθετα, σε μερικές αρχικές απαντήσεις αναφέρθηκε από τους συμμετέχοντες, ότι όλοι οι μαγνητικοί πόλοι έλκονται μεταξύ τους (Κατηγορία 4), αποτυγχάνοντας έτσι να διακρίνουν τα δύο είδη αλληλεπίδρασης που παρατηρούνται ανάμεσα στους πόλους δύο μαγνητών.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που παρατηρήθηκε κατά την ανάλυση των απαντήσεων του προπειραματικού δοκιμίου, είναι ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων αναφερόταν στον μαγνητικό πόλο σαν «θετικό» και «αρνητικό» ή σαν «θετικά και αρνητικά φορτισμένο». Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα απάντησης είναι το ακόλουθο:

*«Εάν ο ένας μαγνήτης είναι θετικός και ο άλλος αρνητικός τότε ο πρώτος θα ελκύσει το δεύτερο και θα έρθουν σε επαφή. Στη πάνω περίπτωση όπου έχουν ίδια φορτία δεν θα έχουμε καμία αλλαγή θα απωθούνται. Στη περίπτωση αυτή όπου τα φορτία οι (πόλοι) είναι αντίθετα ( θετικός και αρνητικός ) οι δύο μαγνήτες θα έρθουν σε επαφή και θα ενωθούν»*

(Προπειραματικό δοκίμιο, Φοιτήτρια, Ομάδα Α)

Η συχνότητα εμφάνισης των απαντήσεων των συμμετεχόντων των τριών ομάδων, δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $\chi^2(2) = 0.131$ ,  $p > 0.05$ ). Επιπλέον, δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες ( $U(12,15) = 84.000$ ,  $Z=-0.350$ ,  $p>0.05$ ).



Πίνακας 6. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 2 - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. <sup>1</sup> Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
1. Όμοιοι πόλοι απωθούνται, ανόμοιοι πόλοι έλκονται	«Ο μαγνήτης α καθώς και ο μαγνήτης β επειδή είναι στραμμένοι προς το ίδιο χρώμα οι μαγνήτες θα απωθούνται. Αντίθετα, ο μαγνήτης γ όπως επίσης ο μαγνήτης δ λόγω του ότι είναι στραμμένοι μεταξύ τους διαφορετικά π.χ. κόκκινο - μπλε θα έλκονται.» <b>Φοιτήτρια – Ομάδα Γ</b>	N <sup>2</sup> =8	N=8	N=9
2. Όμοιοι πόλοι δεν έλκονται, ανόμοιοι πόλοι έλκονται	«Οι μαγνήτες α και β δεν έλκονται γιατί βρίσκονται και οι δύο από την ίδια πλευρά του χρώματος κόκκινου έτσι δεν γίνεται η έλξη μεταξύ τους. Ο μαγνήτης Γ και μαγνήτης δ σε αυτή την περίπτωση θα παρατηρήσουμε ότι έλκονται μεταξύ τους γιατί δεν είναι από την ίδια πλευρά. Ο μαγνήτης γ είναι από την πλευρά του κόκκινου και ο μαγνήτης δ από την πλευρά του μπλε και γι' αυτό έλκονται.» <b>Φοιτήτρια – Ομάδα Γ</b>	-	N=3	N=2
3. Όμοιοι πόλοι δεν αλληλεπιδρούν, ανόμοιοι πόλοι έλκονται	«Όταν φέρω σε επαφή το μαγνήτη α με το μαγνήτη β τότε θα παρατηρήσω ότι δεν υπάρχει καμία αλληλεπίδραση διότι έχουν και τα δύο το ίδιο κόκκινο χρώμα. Όταν φέρω σε επαφή το κόκκινο μέρος ενός μαγνήτη γ με το μπλε μέρος του άλλου μαγνήτη δ τότε θα παρατηρήσω ότι έλκονται οι μαγνήτες μεταξύ τους και παρατηρείται μια αλληλεπίδραση. Το μπλε αλληλεπιδρά με το κόκκινο.» <b>Φοιτήτρια – Ομάδα Γ</b>	-	-	N=2
4. Όμοιοι πόλοι έλκονται, ανόμοιοι πόλοι έλκονται	«Όταν φέρνουμε το μαγνήτη β δίπλα από το μαγνήτη α παρατηρούμε ότι οι δύο μαγνήτες έλκονται μεταξύ τους, αλληλομαγνητίζονται και τα δύο κόκκινα μέρη ενώνονται μεταξύ τους. Παρατηρώ το ίδιο με πιο πάνω οι δύο μαγνήτες ενώνονται ο ένας με τον άλλο άσχετο αν οι πλευρές που ενώθηκαν δεν έχουν το ίδιο χρώμα.» <b>Φοιτητής – Ομάδα Α</b>	N=3	N=1	-
5. Καμία αναφορά στους όμοιους πόλους, ανόμοιοι πόλοι έλκονται	«Το μπλε χρώμα αλληλεπιδρά με το κόκκινο παρά με το όμοιο του χρώμα. Τα ετερόνυμα έλκονται. Και σε αυτή τη περίπτωση τα ετερόνυμα έλκονται το μπλε χρώμα με το κόκκινο.» <b>Φοιτήτρια – Ομάδα Γ</b>	-	-	N=2
6. Όμοιοι πόλοι δεν έλκονται, ανόμοιοι πόλοι δεν έλκονται	«Μεταξύ των μαγνητών α και β συμβαίνει το εξής: δεν έλκονται. Μεταξύ των μαγνητών γ και δ συμβαίνει το εξής: δεν έλκονται.» <b>Φοιτητής – Ομάδα Α</b>	N=1	-	-
7. Όμοιοι πόλοι	«Ο μαγνήτης α ελκύει το μαγνήτη β αν πλησιάσει το κόκκινο χρώμα και στους δύο μαγνήτες γιατί τα ομόνυμα έλκονται. Οι δύο μαγνήτες απωθούνται.»	N=1	-	-

<sup>1</sup> Π.Δ.: Προπειραματικό Δοκίμιο

<sup>2</sup> N: Αριθμός φοιτητών

έλκονται, ανόμοιοι πόλοι απωθούνται	Φοιτήτρια – Ομάδα Α			
Σύνολο (N)		13	12	15

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, δεν δόθηκε το ίδιο δοκίμιο στους φοιτητές αλλά ένα παρόμοιο, στο οποίο έπρεπε να περιγράψουν ένα πείραμα, μέσω του οποίου κάποιος φοιτητής θα επιβεβαίωνε έναν από τους ακόλουθους ισχυρισμούς: «οι όμοιες άκρες των μαγνητών απωθούνται» ή «οι όμοιες άκρες των μαγνητών έλκονται και οι ανόμοιες απωθούνται». Το συγκεκριμένο ερώτημα θεωρείται ότι αξιολογεί την ίδια μαθησιακή επιδίωξη με το προπειραματικό δοκίμιο, όμως είναι πιο απαιτητικό αφού ζητούσε από τους συμμετέχοντες την περιγραφή κάποιου πειράματος, μέσω του οποίου φανερωνόταν στην ουσία η αντίληψη τους για τον τρόπο αλληλεπίδρασης των μαγνητικών πόλων.

Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων (Πίνακας 7), παρατηρήθηκε παρόμοια εικόνα με τις αρχικές απαντήσεις, αφού η πλειονότητα των φοιτητών μέσω του πειράματος που περιέγραψαν, υποστήριξε ότι οι όμοιοι πόλοι απωθούνται και οι ανόμοιοι έλκονται (Κατηγορία 1). Το ίδιο μοτίβο εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων με τους φοιτητές, αφού οι περισσότεροι από αυτούς που έλαβαν μέρος στις συνεντεύξεις ήταν σε θέση να αναφερθούν σε ένα πείραμα, μέσω του οποίου θα μπορούσε να διαπιστωθεί ότι οι όμοιοι πόλοι έλκονται ενώ οι αντίθετοι απωθούνται, όπως φαίνεται πιο κάτω:

**Ερευνητής:** *Οκ στο μάθημα ασχοληθήκαμε με μαγνήτες ραβδόμορφους που έχουν το κόκκινο και το μπλε μέρος. Θέλω να μου πεις τι θα συμβεί όταν πλησιάσω τα όμοια μέρη του μαγνήτη, δύο κόκκινα κομμάτια.*

**Φοιτήτρια:** *Θα παρουσιαστεί άπωση*

**Ερευνητής:** *Και όταν πλησιάσω τις αντίθετες πλευρές;*

**Φοιτήτρια:** *Θα παρουσιαστεί έλξη*

**Ερευνητής:** *Θα μπορούσε ένας μαθητής να υποστηρίξει ότι τα όμοια έλκονται και ότι τα ανόμοια απωθούνται;*

**Φοιτήτρια:** *Όχι*

**Ερευνητής:** *Μπορείς να μου πεις ένα πείραμα που θα μπορούσε να κάνει για να δει ότι αυτή η δήλωση δεν είναι αληθής;*

**Φοιτήτρια:** *Ναι ουσιαστικά να πάρει δύο μαγνήτες, να πάρει και μια πυξίδα για να ορίσει, αν δεν γνωρίζει ποιος είναι ο βόρειος και ο νότιος πόλος, με την πυξίδα μπορεί να το βρει.. και να το δοκιμάσει να δει. Θα δει ότι θα απωθούνται τα δύο όμοια.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Μόνο ένας φοιτητής, που και αυτός υποστήριξε την πιο πάνω παραδοχή, ανέφερε στην απάντηση του ότι αυτό δεν ισχύει σε όλα τα είδη των μαγνητών (Κατηγορία 2). Τέλος, εντοπίστηκαν δύο περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι παρόλο που περιέγραψαν μια πειραματική διαδικασία, εντούτοις δεν διακρινόταν μέσα στην απάντηση τους η θεώρηση τους για τον τρόπο αλληλεπίδρασης των όμοιων και ανόμοιων πόλων (Κατηγορία 3).

Πίνακας 7. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. <sup>3</sup> Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Όμοιοι πόλοι απωθούνται, ανόμοιοι πόλοι έλκονται</b>	«Να πάρει 2 ραβδόμορφους μαγνήτες όπου γνωρίζει ήδη ότι ο κάθε πόλος του (βόρειος ή νότιος) αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό χρώμα (π.χ. κόκκινο χρώμα για βόρειο πόλο του μαγνήτη, μπλε χρώμα για νότιο πόλο του μαγνήτη). Στη συνέχεια, να προσπαθήσει να φέρει τους πόλους με το ίδιο χρώμα (κόκκινο-κόκκινο) σε επαφή, διαπιστώνοντας έτσι ότι θα απωθούνται ενώ όταν φέρει σε επαφή τους πόλους με διαφορετικό χρώμα (π.χ. κόκκινο -μπλε) θα παρατηρήσει μια έλξη μεταξύ τους. Βάση αυτών των αποτελεσμάτων, ο φοιτητής θα διαπιστώσει ότι τα ανόμοια άκρα ενός μαγνήτη έλκονται ενώ τα όμοια άκρα του απωθούνται, ανατρέποντας έτσι τον αρχικό του ισχυρισμό.» <b>Φοιτητής – Ομάδα Α</b>	N=11	N=11	N=14
<b>2. Όμοιοι πόλοι απωθούνται, ανόμοιοι πόλοι έλκονται – δεν ισχύει για όλους τους μαγνήτες</b>	«Έστω κι αν με μια πρώτη ματιά η θεωρία του φοιτητή μοιάζει ορθή, ίσως και να μην ευσταθεί. Ο φοιτητής για να το διαπιστώσει αυτό θα έπρεπε να πάρει διάφορα είδη μαγνητών και να παρατηρήσει την αλληλεπίδραση που έχουν μεταξύ τους. Όντως θα παρατηρήσει πως οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται. Ωστόσο στο πλήθος των μαγνητών θα εντοπίσει περίπτωση όπου η έλξη παρατηρείται ανάμεσα σε ομώνυμους πόλους (π.χ. μαγνητάκια ψυγείου). άρα η άποψη του φοιτητή δεν ισχύει ως γενικός κανόνας.» <b>Φοιτήτρια – Ομάδα Α</b>	N=1	-	-
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>	«Ο φοιτητής θα έπαιρνε τους δύο ραβδόμορφους μαγνήτες (με διαφορετικό χρώμα στο κάθε πόλο) και θα έβρισκε τους πόλους τους έπειτα θα το δοκίμαζε για να το επιβεβαιώσει και ο ίδιος.» <b>Φοιτήτρια – Ομάδα Γ</b>	N=1	-	N=1
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

<sup>3</sup> Μ.Δ.: Μεταπειραματικό Δοκίμιο

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων εισηγήθηκε ότι παρόλο που η τελική επίδοση των φοιτητών που συμμετείχαν στις τρεις ομάδες δεν παρουσίασε οποιαδήποτε διαφοροποίηση ( $\chi^2(2) = 1.970, p > 0.05$ ), εντούτοις μόνο οι συμμετέχοντες της δεύτερης ομάδας είχαν στατιστικά σημαντική βελτίωση (Ομάδα Α:  $Z(13) = -1.134, p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(11) = -2.000, p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -1.890, p > 0.05$ ). Επιπλέον, μέσα από τη σύγκριση της τελικής επίδοσης των συμμετεχόντων των πειραματικών ομάδων, πάλι δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές ( $U(11,15) = 77.000, Z=-0.856, p>0.05$ ).

### Έργο αξιολόγησης 3

Το 3<sup>ο</sup> έργο αξιολόγησης επιδίωκε την αξιολόγηση της κατανόησης των φοιτητών για τη λειτουργία της γης σαν μαγνήτης, αφού εκτός από γεωγραφικούς πόλους, έχει και μαγνητικούς πόλους (ο βόρειος γεωγραφικός πόλος αντιστοιχεί με τον νότιο μαγνητικό πόλο της γης και ο νότιος γεωγραφικός πόλος αντιστοιχεί με τον βόρειο μαγνητικό πόλο της γης). Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες της έρευνας έπρεπε να προβληματιστούν σχετικά με το πώς θα προσανατολιζόνταν κάποιοι μαγνήτες, αν δεν επηρεάζονταν από οποιοδήποτε αντικείμενο που βρισκόταν κοντά τους, ενώ ήταν κρεμασμένοι σε ένα δωμάτιο. Μέσα από την κωδικοποίηση των αρχικών απαντήσεων των φοιτητών (Πίνακας 8), φάνηκε ότι μόνο ένας από αυτούς αναφέρθηκε στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη και άρα στον επηρεασμό του προσανατολισμού των μαγνητών από τους μαγνητικούς της πόλους, πριν τη διδακτική παρέμβαση (Υποκατηγορία 1Α). Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων, δεν αναφέρθηκε σε αυτή την ιδιότητα της γης, με τους περισσότερους φοιτητές να δηλώνουν στην απάντησή τους, ότι στην περίπτωση που οι μαγνήτες δεν επηρεάζονταν από άλλα αντικείμενα που βρίσκονταν γύρω τους, τότε ο προσανατολισμός τους θα ήταν τυχαίος (Υποκατηγορία 2Α: Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β: N=4, Ομάδα Γ: N=6). Επίσης, κάποιοι φοιτητές ανέφεραν ότι ο προσανατολισμός των πυξίδων δεν θα άλλαζε, αφού θα παρέμεναν στην αρχική θέση που είχαν τοποθετηθεί (Υποκατηγορία 2Β: Ομάδα Α: N=2, Ομάδα Β: N=1, Ομάδα Γ: N=2). Τέλος, σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι στις αρχικές απαντήσεις του έργου αξιολόγησης 3, οι φοιτητές ανέφεραν ότι οι μαγνήτες θα επηρεάζονταν μόνο από τα αντικείμενα που ήταν γύρω τους (κάποιοι αναφέρονταν σε συγκεκριμένα είδη αντικειμένων: σιδηρομαγνητικά ή μεταλλικά), αποτυγχάνοντας έτσι να απαντήσουν στο πραγματικό ερώτημα του έργου αξιολόγησης (Υποκατηγορία 3Α: Ομάδα Α: N=4, Ομάδα Β: N=7, Ομάδα Γ: N=5). Μέσα από τον στατιστικό έλεγχο των δεδομένων, δεν παρατηρήθηκε οποιαδήποτε στατιστική διαφοροποίηση ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 2.545, p > 0.05$ ). Παρόμοια ευρήματα εντοπίστηκαν και από τη σύγκριση της Ομάδας Β και Γ ( $U(11,15) = 75.000, Z=-1.168, p>0.05$ ).

Πίνακας 8. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπείραματικό δοκίμιο 3 - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β	Π.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Αναφορά στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη</b>		-	N=1	-
A. Αν οι μαγνήτες δεν επηρεάζονται από άλλα αντικείμενα, τότε προσανατολίζονται ανάλογα με τους πόλους της γης	«Αν υπάρχουν αντικείμενα τα οποία ελκύει ο μαγνήτης τότε θα αλλάξει ο προσανατολισμός του, αν υπάρχουν επίσης σιδηρομαγνητικά αντικείμενα κοντά στο μαγνήτη τότε θα έχουμε τα ίδια αποτελέσματα. Όλοι οι μαγνήτες θα έχουν τον ίδιο προσανατολισμό επειδή η φορά τους είναι καθορισμένη από τα σημεία του ορίζοντα και λόγω της έλξης από το κέντρο της γης. Ο πυρήνας της γης θεωρείται σαν μαγνήτης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		1	
<b>2.Καμία αναφορά στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη</b>		N=9	N=3	N=9
A. Αν οι μαγνήτες δεν επηρεάζονται από άλλα αντικείμενα, τότε προσανατολίζονται τυχαία.	«Εάν ο μαγνήτης αλληλεπιδρά με ένα αντικείμενο κοντά του θα προσανατολιστεί ανάλογα. Εάν δεν αλληλεπιδρά με κάποιο αντικείμενο, τότε ο προσανατολισμός θα είναι τυχαίος. Η πρόβλεψη αυτή, κατά τη γνώμη μου είναι σωστή και ισχύει για κάθε μαγνήτη ξεχωριστά Δεν είναι λογικό όλοι οι μαγνήτες να έχουν τον ίδιο προσανατολισμό.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α,</b>	7	2	6
B. Αν οι μαγνήτες δεν επηρεάζονται από άλλα αντικείμενα, τότε παραμένουν στην αρχική τους θέση.	«Σύμφωνα με το μαθητή Α ο κάθε μαγνήτης θα προσανατολιστεί αναλόγως με τα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω του αν με αυτά έλκονται. Αν όμως δεν έλκονται οι μαγνήτες δεν θα επηρεαστεί ο προσανατολισμός. Δεν θα είναι τυχαίος, ο προσανατολισμός τους θα είναι στη θέση του που ήταν στην αρχή που το έδεσαν και το κρέμασαν....» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	2	1	2
Γ. Αν οι μαγνήτες δεν επηρεάζονται από άλλα αντικείμενα, τότε έχουν τον ίδιο προσανατολισμό.	«...Συμφωνώ όμως περισσότερο με το δεύτερο μαθητή επειδή πιστεύω πως οι μαγνήτες ανεξαρτήτως αντικειμένων θα έχουν την ίδια κατεύθυνση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>3.Μη απάντηση στο ερώτημα</b>		N=4	N=7	N=5
A. Οι μαγνήτες επηρεάζονται από αντικείμενα	«Συμφωνώ με την πρόβλεψη Α γιατί όταν υπάρχει αντικείμενο μεταλλικό κοντά στον μαγνήτη τότε ο μαγνήτης θα έλκεται από αυτό και τείνει προς την κατεύθυνση του μετάλλου. Άρα διαφωνώ με την άποψη Β επειδή όπως έχω αναφερθεί πιο πάνω η κατεύθυνση του μαγνήτη αλλάζει ανάλογα με τα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω του ιδίως με τα μέταλλα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	4	7	5
<b>4.Άσχετη απάντηση</b>	«Πιστεύω ότι οι μαθητές της Α ομάδας έδωσαν αυτή την απάντηση έχοντας στο μυαλό τους ότι οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν με άλλα αντικείμενα από μακρινή απόσταση. Πιστεύω ότι οι μαθητές της Β ομάδας έδωσαν αυτή την απάντηση έχοντας στο μυαλό τους ότι οι μαγνήτες δεν αλληλεπιδρούν με αντικείμενα που βρίσκονται σε μακρινή απόσταση αλλά σκέφτηκαν αυτή την απάντηση πιστεύοντας ότι τους μαγνήτες θα τους επηρεάσει η βαρύτητα προς τη γη.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Γ</b>	-	-	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, δεν χορηγήθηκε στους συμμετέχοντες το ίδιο έργο αξιολόγησης που περιγράφηκε πιο πάνω, αλλά ένα πιο απαιτητικό δοκίμιο, το οποίο πάλι αξιολογούσε τον βαθμό κατανόησης των φοιτητών για τη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη. Το συγκεκριμένο έργο ζητούσε τον εντοπισμό και την αναγνώριση του είδους των πόλων (βόρειος και νότιος πόλος) ενός άγνωστου μαγνήτη σε σχήμα κύβου, με τη βοήθεια ενός νήματος, συνδετήρα και έχοντας σαν δεδομένο τη θέση του βόρειου γεωγραφικού πόλου της γης. Παρόλο που το περιεχόμενο του εν λόγω έργου διέφερε σε σύγκριση με το αντίστοιχο προπειραματικό δοκίμιο, εντούτοις θεωρήσαμε ότι αν ένας φοιτητής αναγνώρισε τη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη, θα ήταν σε θέση να απαντήσει σε αυτό το ερώτημα. Στον Πίνακα 9, φαίνονται τα διαφορετικά είδη των απαντήσεων που προέκυψαν, μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η πλειοψηφία των φοιτητών, κατάφερε να εντοπίσει τη θέση των πόλων του άγνωστου μαγνήτη και να ορίσει ορθά το είδος τους, με τη βοήθεια των γεωγραφικών πόλων της γης (Υποκατηγορία 1Α: Ομάδα Α: N=4, Ομάδα Β: N=4, Ομάδα Γ: N=6). Επιπλέον, κάποιοι παρόλο που κατάφεραν περιγράψουν τη διαδικασία αναγνώρισης του είδους των πόλων με βάση τους πόλους της γης, εντούτοις απέτυχαν ή παρέλειψαν να περιγράψουν τον τρόπο εντοπισμού της θέσης των πόλων του μαγνήτη (Υποκατηγορία 1Β). Σε αρκετές περιπτώσεις, οι φοιτητές περιλάμβαναν στην απάντησή τους σαν σημείο αναφοράς τους γεωγραφικούς πόλους της γης, εντούτοις η αναφορά τους αυτή δεν ήταν ορθή (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=2, Ομάδα Β: N=2, Ομάδα Γ: N=6), τις περισσότερες φορές λόγω του ότι θεωρούσαν ότι ο πόλος του μαγνήτη που στρέφεται προς τον βόρειο γεωγραφικό πόλο της γης, είναι ο νότιος. Τέλος, κάποιοι συμμετέχοντες δεν αναφέρθηκαν καθόλου στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη (Κατηγορία 3), ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι εντοπίστηκαν περιπτώσεις που συνειδητά επέλεξαν να μην απαντήσουν στο συγκεκριμένο ερώτημα, πιθανότατα λόγω του ότι δεν γνώριζαν πώς να λύσουν το πρόβλημα που τους παρουσιάστηκε (Ομάδα Α: N=2, Ομάδα Β: N=2, Ομάδα Γ: N=1). Ο στατιστικός έλεγχος των μεταπειραματικών δεδομένων, δεν υπέδειξε οποιαδήποτε στατιστική διαφορά ανάμεσα στην επίδοση των φοιτητών των τριών ομάδων ( $\chi^2(2) = 0.074$ ,  $p > 0.05$ ), παρόλο που και στις τρεις περιπτώσεις παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση (Ομάδα Α:  $Z(11) = -2.640$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(9) = -2.251$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -3.272$ ,  $p > 0.05$ ). Επιπρόσθετα, μέσα από τη σύγκριση τις απαντήσεις των πειραματικών ομάδων δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $U(10,15) = 70.500$ ,  $Z = -0.271$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 9. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 3 - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1.Αναφορά στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη</b>		N=6	N=5	N=7
A. Ορθός εντοπισμός μαγνητικών πόλων – ορθή αναγνώριση του είδους τους	«Χρησιμοποιώντας το συνδετηράκι βρίσκουμε σε ποιες πλευρές του μαγνήτη υπάρχει η μεγαλύτερη αλληλεπίδραση. Αυτοί είναι οι πόλοι του μαγνήτη. Έπειτα κρεμάζουμε τον μαγνήτη έτσι ώστε οι δύο πόλοι να βρίσκονται στο οριζόντιο επίπεδο. Κρεμάζουμε το νήμα από ψηλά. Ο μαγνητικός βορράς θα προσανατολιστεί στην ίδια κατεύθυνση με τον γεωγραφικό της γης (και τον μαγνητικό νότιος της γης)» <b>Φοιτήτρια - Ομάδα Β</b>	4	4	6
B. Λανθασμένος εντοπισμός μαγνητικών πόλων – ορθή αναγνώριση του είδους τους	«Εφόσον είναι ομογενής σημαίνει έχει 2 πόλους. Μπορώ να πάρω τον μαγνήτη και να τον κρεμάσω σε ένα μέρος μέσα στην τάξη. Λόγω του ότι η γη συμπεριφέρεται και αυτή ως ένας μαγνήτης με πόλους, ο βόρειος πόλος του μαγνήτη θα προσανατολιστεί με το βόρειο γεωγραφικό της γης (νότιο μαγνητικό της γης).» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	2	1	1
<b>2.Αποτυχημένη αναφορά στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη</b>		N=2	N=2	N=6
A. Ορθός εντοπισμός μαγνητικών πόλων – λανθασμένη αναγνώριση του είδους τους	«Περνούμε από το νήμα το συνδετηράκι και το κρατάμε σε ένα μικρό ύψος κοντά στο μαγνήτη σχήμα κύβου. Όπου δούμε ότι στρέφεται το συνδετηράκι τότε εκεί είναι πόλοι του μαγνήτη. Αν πάρουμε τον μαγνήτη επίσης και τον δέσουμε με νήμα κάπου ψηλά και τον αφήσουμε να σταθεροποιηθεί τότε θα δούμε πιο μέρος του δείχνει προς τον πραγματικό μαγνητικό βορρά και πιο αντίθετα από αυτόν, εκείνο που θα δείχνει προς τον πραγματικό βορρά θα είναι ο νότιος πόλος του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	2	5
B. Λανθασμένος εντοπισμός μαγνητικών πόλων – λανθασμένη αναγνώριση του είδους τους	«Βήμα 1: Παίρνουμε ένα μαγνήτη και τον κρεμάμε από κάπου με τη βοήθεια του νήματος. Βήμα 2: Παίρνουμε ένα συνδετηράκι και το κρατάμε έτσι ώστε να έχουμε πίσω μας τον βορρά. Βήμα 3: Αφήνουμε τον μαγνήτη να ακινητοποιηθεί και πλησιάζουμε πιο κοντά του το συνδετηράκι. Βήμα4: Εάν παρατηρήσουμε άμεση αντίδραση με το αντικείμενο χωρίς κάποια αντίδραση, τότε ο πόλος που βλέπει προς το συνδετηράκι είναι ο νότιος μαγνητικός πόλος. Βήμα 5: Εάν παρατηρήσουμε κάποια αντίσταση π.χ. περιστροφή του μαγνήτη, μιλάμε για τον βόρειο μαγνητικό πόλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	2	-	1
<b>3.Καμία αναφορά στη λειτουργία της γης σαν μαγνήτη</b>		N=3	N=3	N=1
A. Ορθός εντοπισμός μαγνητικών πόλων – λανθασμένη αναγνώριση του είδους τους	«Για να αποδείξουμε ποιοι είναι οι πόλοι του μαγνήτη σε σχήμα κύβο θα κρεμάσουμε το συνδετηράκι πάνω στο νήμα και θα βάζαμε τον κύβο από κάτω. Στη περιοχή που κλίνει περισσότερο το συνδετηράκι είναι και ο πόλος του μαγνήτη διότι από ότι ξέρουμε το συνδετηράκι έλκεται εντονότερα από τους πόλους. Αν ο μαγνήτης μείνει σε ευθεία οι πόλοι του βρίσκονται όπως στο σχήμα 1, αν το συνδετηράκι κλείνει προς τα πλάγια οι πόλοι βρίσκονται στα άκρα (σχήμα 2).» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-

B. Λανθασμένος εντοπισμός μαγνητικών πόλων – λανθασμένη αναγνώριση του είδους τους	«Παίρνουμε το συνδετηράκι και το νήμα. Δένουμε το συνδετηράκι πάνω στο νήμα και το αφήνουμε να πέσει. Η γραμμή του νήματος ορίζει την κατακόρυφο. Σχηματίζουμε μια γωνία που να σχηματίζει γωνία 90 μοιρών με την κατακόρυφο. Αυτός είναι ο βορράς και ο νότος.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	3	2	1
<b>4.Καμία απάντηση</b>		N=2	N=2	N=1
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

#### Έργο αξιολόγησης 4

Κατά τη συμπλήρωση του τέταρτου έργου αξιολόγησης, οι φοιτητές έπρεπε να τοποθετηθούν υπέρ ή κατά των δύο δηλώσεων των φοιτητών, οι οποίοι υποστήριζαν ότι το μέγεθος ενός μαγνήτη καθορίζει την ισχύ του. Κατά την πρώτη συμπλήρωση του έργου αξιολόγησης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 2.832$ ,  $p > 0.05$ ). Συγκεκριμένα φάνηκε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, αρκετοί φοιτητές από κάθε ομάδα (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Β: N=4, Ομάδα Γ: N=4), υποστήριζαν ότι το μέγεθος του μαγνήτη επηρεάζει το πόσο ισχυρός είναι (Πίνακας 10). Η πλειοψηφία αυτών των φοιτητών, δεν έδωσε περαιτέρω εξήγηση κατά την συμπλήρωση του έργου αξιολόγησης, και αρκέστηκε στην υποστήριξη των δηλώσεων που τους παρουσιάστηκαν (Υποκατηγορία 2Α). Επιπλέον, η σύγκριση των πειραματικών ομάδων δεν φανέρωσε οποιαδήποτε διαφοροποίηση ( $U(11,15) = 74.000$ ,  $Z=-0.468$ ,  $p>0.05$ ).

Πίνακας 10. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 4 - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β	Π.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Το μέγεθος του μαγνήτη δεν επηρεάζει την ισχύ του</b>		N=8	N=4	N=5
A. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Ο μαθητής β έκανε πιο σωστή παρατήρηση από το μαθητή Α γιατί πειραματίστηκε πρώτα και μετά κατέληξε στο συμπέρασμα ποιος είναι ο πιο ισχυρός μαγνήτης. Όμως δεν συμφωνώ απόλυτα γιατί δεν σημαίνει ότι οι πιο μεγάλοι σε μέγεθος μαγνήτες είναι πάντα πιο ισχυροί από άλλους μαγνήτες μικρότερου μεγέθους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F <sup>4</sup> =7	F=1	F=3
B.Άλλοι παράγοντες		-	F=3	F=2

<sup>4</sup> F: Συχνότητα εμφάνισης δήλωσης – σε μία απάντηση υπήρχαν περισσότερες από μια δηλώσεις



καθορίζουν την ισχύ ενός μαγνήτη				
ο Το υλικό του	«Πιστεύω πως τα συμπεράσματα των δύο μαθητών είναι λανθασμένα διότι δεν παίζει ρόλο το μέγεθος για να διαγνώσουμε τη ισχυρότητα των μαγνητών. Αυτό που παίζει κυρίαρχο ρόλο είναι η δυναμικότητα του υλικού που είναι φτιαγμένοι οι μαγνήτες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	$F=2$	-
ο Η πυκνότητα των μορίων του	«Πιστεύω ότι η ισχύ ενός μαγνήτη έχει σχέση με την πυκνότητα των μορίων που περικλείονται μέσα του. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο μεγάλος σε μέγεθος μαγνήτης αποδείχθηκε πιο ισχυρός χωρίς όμως να σημαίνει ότι ο μεγαλύτερος σε μέγεθος μαγνήτης είναι πάντα ο πιο ισχυρός.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	$F=1$
ο Το βάρος του	«α) Ο μαγνήτης α μπορεί να είναι πιο ισχυρός όχι απλά επειδή είναι μεγαλύτερος και αυτό φαίνεται εμφανισιακά σε σύγκριση με το μαγνήτη β. Αυτό που παίζει ρόλο είναι η ποσότητα μετάλλου, το βάρος. Β) ο δεύτερος μαθητής πειραματίστηκε και είδε ότι ο α είναι πιο ισχυρός όμως κατέληξε σε λάθος συμπέρασμα, διότι θεώρησε ότι παίζει ρόλο το μέγεθος του μαγνήτη και όχι το βάρος σε σχέση με το ότι ο α είναι πιο ισχυρός.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	$F=1$	$F=1$
<b>2. Το μέγεθος του μαγνήτη επηρεάζει την ισχύ του</b>		$N=4$	$N=4$	$N=4$
Α. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Τα συμπεράσματα των μαθητών κατά την άποψη μου ισχύουν, διότι το μέγεθος επηρεάζει τη ισχυρότητα του μαγνήτη. Όσο πιο μεγάλος είναι ο μαγνήτης τόσο πιο εύκολα θα ελκύει τα αντικείμενα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	$F=2$	$F=2$	$F=2$
Β.Συσσώρευση περισσότερων μορίων στους πόλους	«Πράγματι, όσο πιο μεγάλος είναι ένας μαγνήτης τόσο πιο ισχυρός είναι, γιατί υπάρχει χώρος να συσσωρευτούν περισσότερα αρνητικά ή θετικά μόρια στο βόριο ή νότιο πόλο αντίστοιχα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	$F=1$	-	-
Γ.Μεγαλύτερο μαγνητικό πεδίο	«Όντως παίζει ρόλο το μέγεθος των μαγνητών, εφόσον όσο πιο μεγάλος σε μέγεθος είναι ο μαγνήτης το μαγνητικό του πεδίο θα είναι ισχυρότερο, σε αντίθεση με ένα μικρό σε μέγεθος μαγνήτη, όπου το μαγνητικό πεδίο θα είναι πιο αδύναμο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	$F=1$	-	$F=1$
Δ.Μεγαλύτεροι πόλοι / επιφάνειες	«Η άποψη των δύο μαθητών φαίνεται να αληθεύει καθώς όσο πιο μεγάλος είναι ο μαγνήτης, τόσο πιο μεγάλες θα είναι οι επιφάνειες τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ελκύει αντικείμενα μεγαλύτερου μεγέθους και μεγαλύτερης ποσότητας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	$F=1$	$F=1$	$F=1$
Ε.Στήριξη πειραματικών δεδομένων	«Αφού έκανε το πείραμα ο μαθητής και ισχύει τότε να είναι λογικό όσο πιο μεγάλος είναι ο μαγνήτης να είναι και τόσο ισχυρός.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	$F=1$	$F=1$
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>		$N=1$	$N=3$	$N=6$
Α.Σχολιασμός αξίας πειραματισμού	«Ο μαθητής β ήταν πιο δύσπιστος και επέλεξε να πειραματιστεί έτσι ώστε να κάνει τις δικές	$F=1$	$F=1$	$F=5$

	<i>του παρατηρήσεις. Ενώ ο μαθητής α ερμηνεύει αφού γνωρίζει ότι ο πιο ισχυρός είναι ο πιο μεγάλος σε μέγεθος.»</i> <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>			
B. Επαναδιατύπωση δηλώσεων του έργου αξιολόγησης	<i>«Και οι δύο μαθητές οδηγούνται τελικά στο ίδιο συμπέρασμα, ότι δηλαδή ο μεγαλύτερος μαγνήτης είναι και πιο ισχυρός.»</i> <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	$F=2$	$F=1$
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>12</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις απαντήσεων που οι φοιτητές υποστήριζαν την ίδια θέση, προσπάθησαν να εξηγήσουν περεταίρω το σκεπτικό τους, δίνοντας τη δική τους ερμηνεία για την ανάλογη σχέση μεγέθους του μαγνήτη και της ισχύς του. Σύμφωνα με αυτές τις ερμηνείες, στην περίπτωση των μεγαλύτερων μαγνητών υπάρχουν μεγαλύτεροι πόλοι, μεγαλύτερο μαγνητικό πεδίο κτλ (Υποκατηγορία 2B – 2Δ). Τέλος, εντοπίστηκαν και δύο περιπτώσεις φοιτητών (Υποκατηγορία 2E), οι οποίοι ανέφεραν ότι αφού τα πειραματικά δεδομένα υποστήριζαν ότι οι πιο μεγάλοι μαγνήτες είναι πιο ισχυροί τότε σημαίνει ότι είναι ορθό. Οι εν λόγω φοιτητές φαίνεται ότι έδιναν μεγάλη σημασία στα πειραματικά δεδομένα, αγνοώντας τη σημασία της επανάληψης και επαλήθευσης των πειραματικών ευρημάτων.

Κατά την κωδικοποίηση των αρχικών απαντήσεων που συλλέχθηκαν, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι φοιτητές (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β: N=4, Ομάδα Γ: N=5) τοποθετήθηκαν κατά των δηλώσεων που παρουσιάζονταν στο έργο αξιολόγησης, υποστηρίζοντας ότι το μέγεθος του μαγνήτη δεν καθορίζει την ισχύ του. Και σε αυτή την περίπτωση, οι περισσότερες απαντήσεις δεν περιλάμβαναν περεταίρω επεξήγηση (Υποκατηγορία 1A). Σε κάποιες άλλες όμως περιπτώσεις, οι φοιτητές προσπάθησαν να καθορίσουν τον παράγοντα που ευθύνεται για την ισχύ του κάθε μαγνήτη, αναφέροντας παραδείγματα χάριν το υλικό του μαγνήτη, την πυκνότητα των μορίων του και το βάρος του (Υποκατηγορία 1B). Υπήρχαν όμως περιπτώσεις απαντήσεων, που το περιεχόμενο τους δεν σχετιζόταν με το ερώτημα του έργου αξιολόγησης, και για αυτό τον λόγο κωδικοποιήθηκαν σαν άσχετες απαντήσεις. Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, οι φοιτητές είτε εστιάζονταν στην αξία της διεξαγωγής πειράματος πριν τη διατύπωση μιας θέσης είτε αναδιατύπωναν τις δηλώσεις που παρουσιάζονταν στο έργο αξιολόγησης, χωρίς όμως να παίρνουν μια θέση προς αυτές (Κατηγορία 3).

Μετά την πραγματοποίηση των διδακτικών παρεμβάσεων, χορηγήθηκε κατά τη διάρκεια της τελικής εξέτασης του μαθήματος, μια τροποποιημένη μορφή του τέταρτου έργου αξιολόγησης, το οποίο όμως αποσκοπούσε στην αξιολόγηση της ίδιας γνώσης, όπως και το αντίστοιχο προπειραματικό δοκίμιο. Συγκεκριμένα, σε αυτή την τροποποιημένη εκδοχή, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές τρεις μαγνήτες διαφορετικού μεγέθους και κάποιες μετρήσεις σχετικά με το πόσα συνδετηράκια έλκυε ο κάθε ένας από αυτούς.

Πίνακας 11. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 4 - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Το μέγεθος του μαγνήτη δεν επηρεάζει την ισχύ του</b>		N=12	N=10	N=15
A. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Ο φοιτητής κάνει λάθος, δεν έχει σημασία το μέγεθος των μαγνητών για να δούμε ποιος είναι πιο ισχυρός. Μπορεί ο μαγνήτης να είναι πιο μικρός σε μέγεθος αλλά να είναι πιο ισχυρός.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=4	F=2	F=2
B. Άλλοι παράγοντες καθορίζουν την ισχύ ενός μαγνήτη		F=2	-	-
ο Το υλικό του	«Δεν σημαίνει πως όσο πιο μεγάλο είναι το μέγεθος του μαγνήτη τόσο πιο ισχυρό είναι, εξαρτάται και από το βάρος του ..» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
ο Το βάρος του	«Δεν σημαίνει πως όσο πιο μεγάλο είναι το μέγεθος του μαγνήτη τόσο πιο ισχυρό είναι, εξαρτάται .. το υλικό που είναι φτιαγμένος ο μαγνήτης» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Γ. Αναφορά στο παράδειγμα του έργου	«Το συμπέρασμα του φοιτητή είναι λάθος. Βλέπουμε στο πείραμα ότι ο πιο μικρός μαγνήτης σηκώνει το μεγαλύτερο αριθμό από συνδετηράκια, ενώ ο μεγαλύτερος μαγνήτης τον μικρότερο. Το μέγεθος δεν έχει σχέση με τη δύναμη του μαγνήτη» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=7	F=8	F=13
<b>2. Δεν γνωρίζουμε λόγω έλλειψης περεταίρω πληροφοριών</b>	«Ο φοιτητής Α μπορεί να κάνει λάθος διότι μας δίνεται ότι ο μαγνήτης Γ ο βόρειος πόλος του σηκώνει 17 συνδετηράκια. Αυτό μπορεί να μας βοηθήσει στο πόσα μπορεί να σηκώνει και ο νότιος του. Άρα στο περίπου μπορεί να σηκώσει και ο νότιος τόσα συνδετηράκια και άρα ο συλλογισμός του είναι λάθος. Επίσης μπορεί να θεωρηθεί λάθος επειδή δεν μας δίνονται επαρκή στοιχεία και για τους τρεις νότιους ή βόρειους πόλους έτσι ώστε να καταλήξει σε αυτό το συμπέρασμα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	-	-
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>		-	N=2	-
A. Απόδοση αποτελέσματος σε πειραματικό σφάλμα	«Δεν ισχύει αυτό που λέει ο πρώτος φοιτητής διότι και ο μεγαλύτερος μαγνήτης α δέχθηκε πιο πολλά συνδετηράκια από το μαγνήτη β που είναι πιο μικρός σε μέγεθος αλλά αυτό μπορεί να οφείλεται στο μαγνητισμό που προκαλέστηκαν στα συνδετηράκια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2	-
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, ο βόρειος πόλος του μικρότερου μαγνήτη έλκυε τα περισσότερα συνδετηράκια, σε σύγκριση με τους νότιους πόλους των δύο μεγαλύτερων

μαγνητών. Μέσα από τη συμπλήρωση αυτού του έργου αξιολόγησης, οι φοιτητές έπρεπε να προβληματιστούν σχετικά με το αν για τα ευρήματα του πειράματος, ευθυνόταν το μέγεθος του μαγνήτη ή ο βόρειος πόλος του. Ουσιαστικά, σε μια ορθή απάντηση θα αναμέναμε από τους συμμετέχοντες της έρευνας να υποστηρίξουν ότι ούτε το μέγεθος αλλά ούτε ο ένας από τους δύο πόλους του μαγνήτη, ευθυνόταν για την ισχύ του. Μέσα από τη σύγκριση των τελικών απαντήσεων των συμμετεχόντων των τριών ομάδων, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ( $\chi^2(2) = 2.604, p > 0.05$ ). Και στις τρεις ομάδες, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων (Πίνακας 11) υποστήριξε ότι το μέγεθος του μαγνήτη δεν καθορίζει την ισχύ του, οι περισσότεροι από αυτούς μάλιστα (Υποκατηγορία 1Γ: Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β: N=8, Ομάδα Γ: N = 13), αναφέρθηκαν και στο παράδειγμα του έργου αξιολόγησης, όπου ο μικρότερος μαγνήτης ήταν πιο ισχυρός από τους άλλους δύο. Μόνο ένας μαθητής από την πρώτη ομάδα, δήλωσε ότι δεν μπορούσε να απαντήσει στο ερώτημα λόγω έλλειψης στοιχείων (Κατηγορία 2). Επίσης δύο φοιτητές από τη δεύτερη ομάδα, απέδωσαν τα δεδομένα που τους παρουσιάστηκαν σε πειραματικό σφάλμα (Υποκατηγορία 3Α).

Μέσα από επιπλέον στατιστικούς ελέγχους παρατηρήσαμε ότι παρόλο που οι τρεις ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, εντούτοις μόνο οι συμμετέχοντες της τρίτης ομάδας βελτίωσαν στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις τους μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $Z(15) = -2.889, p < 0.05$ ) σε σύγκριση με τις άλλες δύο ομάδες (Ομάδα Α:  $Z(13) = -1.667, p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(11) = -1.730, p > 0.05$ ). Επιπρόσθετα, μέσα από τον στατιστικό έλεγχο για εντοπισμό οποιασδήποτε διαφοράς ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες, τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η τελική επίδοση της Ομάδας Β και Γ, ήταν στο ίδιο επίπεδο ( $U(12,15) = 75.000, Z = -1.612, p > 0.05$ ).

Όσον αφορά στο ερώτημα για τη σύγκριση των δύο πόλων του μαγνήτη, σχεδόν όλοι οι φοιτητές υποστήριξαν ότι είναι εξίσου ισχυροί (Κατηγορία 1) (Πίνακας 12). Παρόμοια εικόνα εμφανίστηκε κατά την κωδικοποίηση των συνεντεύξεων, αφού η πλειοψηφία των φοιτητών υποστήριξε ότι το μέγεθος του μαγνήτη δεν καθορίζει την ισχύ του και ότι και οι δύο μαγνητικοί πόλοι έχουν αντίστοιχη μαγνητική δύναμη, όπως φαίνεται στο ακόλουθο απόσπασμα:

**Ερευνητής:** *Εδώ έχουμε ένα φοιτητή ο οποίος υποστηρίζει ότι μέσα από τα πειράματα που έκανε παρατήρησε ότι όσο πιο μεγάλος είναι ένας μαγνήτης, τόσο πιο ισχυρός είναι. Πώς αξιολογείς αυτό το συμπέρασμα;*

**Φοιτήτρια:** *Είναι λανθασμένο γιατί μέσα από τα πειράματα που κάναμε με διάφορα είδη μαγνητών είδαμε ότι η αλληλεπίδραση δεν εξαρτάται από το μέγεθος ή το σχήμα του μαγνήτη.*

**Ερευνητής:** *Αν κατέληγε επίσης στο συμπέρασμα ότι ο βόρειος πόλος ενός μαγνήτη είναι πιο ισχυρός από το νότιο του;*

**Φοιτήτρια:** *Ούτε αυτό ισχύει γιατί οι πόλοι ενός μαγνήτη αλληλεπιδρούν το ίδιο με τα αντικείμενα.*

(Απόσπασμα μεταπειραματική συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Α)

Μόνο ένας φοιτητής στην τρίτη ομάδα υποστήριξε ότι ο ένας από τους δύο πόλους είναι πιο ισχυρός, και άλλοι 4 (δύο από την πρώτη ομάδα και 2 από την τρίτη ομάδα) που υποστήριξαν ότι δεν μπορούσαν απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα λόγω του ότι δεν είχαν επαρκή δεδομένα. Και σε αυτή την περίπτωση δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 2.520$ ,  $p > 0.05$ ) αλλά ούτε και ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες ( $U(12,15) = 72.000$ ,  $Z = -1.612$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 12. *Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση*

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β	Μ.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Οι δύο μαγνητικοί πόλοι είναι εξίσου ισχυροί</b>		N=11	N=12	N=12
A. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«..Η άποψη του φοιτητή είναι λανθασμένη. Οι δύο πόλοι των μαγνητών, ο νότιος και ο βόρειος είναι το ίδιο ισχυροί.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	11	11	11
B. Αναφορά σε πείραμα της διδακτικής παρέμβασης	«Επίσης, οι πόλοι των μαγνητών με βάση των όσων έχουμε διδαχθεί ασκούν τις ίδιες δυνάμεις και κανείς από τους 2 δεν είναι ισχυρός. Σύμφωνα με το πείραμα με τα συνδετηράκια και το μαγνήτη που πραγματοποιήσαμε δεν φάνηκε κάτι τέτοιο, γιατί όσα συνδετηράκια αλληλεπιδράσαν με το βόρειο πόλο του μαγνήτη ο ίδιος αριθμός αλληλεπιδρούσε και με τον νότιο πόλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	1
<b>2. Ο ένας μαγνητικός πόλος είναι πιο ισχυρός από τον άλλο</b>	«Ο 2ος φοιτητής οδηγήθηκε σε πιο σωστό συμπέρασμα γιατί όντως όπως φαίνεται πιο πάνω ένας βόρειος μαγνητικός πόλος είναι πιο ισχυρός από νότιο μαγνητικό πόλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	N=1
<b>3. Δεν γνωρίζουμε λόγω έλλειψης περεταίρω πληροφοριών</b>	«Ο φοιτητής Β συμπέρανε λάθος διότι δεν δίνονται πληροφορίες για τους βόρειους πόλους και των τριών μαγνητών για να μπορούμε να βγάλουμε αυτό το συμπέρασμα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=2	-	N=2
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

## Έργο αξιολόγησης 5

Τον βαθμό κατανόησης του τρόπου λειτουργίας ενός μαγνήτη επιδίωκε να αξιολογήσει το δοκίμιο 5. Συγκεκριμένα, μέσω αυτού του έργου, στοχεύαμε στη διερεύνηση του αν κατανοούσαν οι φοιτητές ότι ο μαγνήτης λειτουργεί σαν μια μαγνητική δέσμη, η οποία όταν σπάσει σε δύο κομμάτια, 'δημιουργούνται' δύο καινούριοι πόλοι, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό δύο μικρότερων σε μέγεθος μαγνητών. Κατά την ανάλυση των απαντήσεων του πρώτου μέρους του έργου αξιολόγησης, κωδικοποιήθηκαν οι πιθανές αλληλεπιδράσεις που θα συνέβαιναν, σύμφωνα με τους φοιτητές, όταν θα επιχειρούσαμε την επαναφορά των δύο κομματιών σε επαφή. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 13, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων και στις 3 τρεις ομάδες (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β: N=9, Ομάδα Γ: N = 7), ανέφερε ότι τα δύο κομμάτια θα έλκονταν. Από αυτούς όμως, μόνο οι τέσσερις ανέφεραν στην απάντηση του ότι η αιτία της έλξης, θα ήταν η 'δημιουργία' δύο πρόσθετων αντίθετων πόλων (Υποκατηγορία 1Α). Κατά την κωδικοποίηση των αρχικών απαντήσεων, εντοπίστηκαν κάποιες περιπτώσεις φοιτητών που θεωρούσαν ότι τα κομμάτια του μαγνήτη θα απωθούνταν μεταξύ τους (Κατηγορία 2) ή ότι δεν θα αλληλεπιδρούσαν (Κατηγορία 3). Εντούτοις, υπήρχαν αρκετές ασαφείς απαντήσεις (Ομάδα Α: N=4, Ομάδα Β: N=2, Ομάδα Γ: N = 2), στις οποίες οι συμμετέχοντες δεν εξέφραζαν κάποιο ξεκάθαρο σκεπτικό ως προς τον τρόπο αλληλεπίδρασης των δύο κομματιών, αφού οι πλείστοι από αυτούς αρκούσαν στην αναφορά του ότι τα δύο κομμάτια δεν θα έλκονταν. Μια πιθανή ερμηνεία για τους φοιτητές που απάντησαν με αυτό τον τρόπο, είναι ότι πιθανόν να μην γνώριζαν την έννοια της άπωσης. Ένα άλλο εύρημα που αξίζει να αναφερθεί είναι το ότι και σε αυτό το προπαραματικό δοκίμιο, όπως και στο προπαραματικό δοκίμιο 2, αρκετοί φοιτητές αναφέρονταν στους πόλους χαρακτηρίζοντας τους ως «θετικό και αρνητικό». Ένα σχετικό παράδειγμα είναι το ακόλουθο: «Ο μαγνήτης θα επαναφερόταν. Αν είναι το ένα θετικό και το άλλο αρνητικό τότε θα έλκονται.» Φοιτήτρια, Ομάδα Β. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων υπέδειξε ότι οι τρεις ομάδες αρχικά ήταν ισοδύναμες ( $\chi^2(2) = 1.295, p > 0.05$ ), όπως και οι πειραματικές ομάδες ( $U(11,15) = 62.500, Z=-1.170, p>0.05$ ).

Παρόμοια εικόνα παρατηρήθηκε κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων του μεταπαραματικού δοκιμίου (Πίνακας 14), αφού και σε αυτή την περίπτωση η πλειονότητα των συμμετεχόντων δήλωσαν ότι τα δύο κομμάτια του μαγνήτη θα έλκονταν αν τα φέρναμε σε επαφή (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=9, Ομάδα Β: N=7, Ομάδα Γ: N = 11), με τους περισσότερους από αυτούς να δικαιολογούν την απάντηση τους στη 'δημιουργία' δύο καινούριων πόλων. Η συχνότητα εμφάνισης της συγκεκριμένης υποκατηγορίας αυξήθηκε μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 13. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο 5 / ερώτημα Α\_ εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Τα κομμάτια έλκονται</b>		N=7	N=9	N=7
A. Δημιουργούνται δύο καινούριοι πόλοι	«Πιστεύω ότι τα δύο κομμάτια θα μπορούσαν να επαναφερθούν σε επαφή γιατί θα ανάπτυσσε ο καθένας από μόνος του 2 αντίθετους πόλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	2	-	2
B. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Στα δύο κομμάτια θα υπήρχε έλξη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	5	9	5
<b>2. Τα κομμάτια απωθούνται</b>		-	-	N=5
A. Οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται	«Θα απωθούνταν γιατί τα ομώνυμα απωθούνται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	4
B. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Πιστεύω ότι τα δύο κομμάτια δεν θα μπορούσαν να ενωθούν και θα απωθούνται μεταξύ τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>3. Τα κομμάτια δεν αλληλεπιδρούν</b>		N=2	-	-
A. Ο μαγνήτης χάνει τη δύναμη του	«Ο μαγνήτης θα χάσει τη "δύναμη" του δεν θα αλληλεπιδρούν τα 2 κομμάτια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
B. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Πιστεύω πως ούτε θα έλκονται ούτε θα απωθούνται, καμία αλληλεπίδραση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
<b>4. Κάποια σημεία έλκονται και κάποια απωθούνται</b>		-	-	N=1
A. Το σημείο που έσπασε ο μαγνήτης δεν είναι ευθεία γραμμή	«Δεν μπορούμε να επαναφέρουμε το μαγνήτη αφού η γραμμή όπου έσπασε δεν είναι ίσια, συνεπώς θα υπήρχαν κομμάτια που έλκονται και κομμάτια που απωθούνται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>5. Ασαφής απάντηση</b>		N=4	N=2	N=2
A. Τα κομμάτια αλληλεπιδρούν	«Πιστεύω θα αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
B. Δεν έλκονται γιατί στη μέση του μαγνήτη δεν υπάρχει έλξη	«Ο μαγνήτης επειδή έσπασε στο κέντρο είναι δύσκολο να ενωθεί ξανά γιατί στο κέντρο του, δεν υπάρχει έλξη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	1
Γ. Δεν έλκονται	«Δεν θα μπορούμε να τα επαναφέρουμε στην αρχική τους μορφή.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	3	1	1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

Όπως φάνηκε και από την κωδικοποίηση των συνεντεύξεων, οι φοιτητές που υποστήριξαν ότι τα δύο σπασμένα κομμάτια θα έλκονταν, έλαβαν υπόψη τους τον τρόπο αντίδρασης των μαγνητικών δεσμών με τις οποίες ασχολήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης:

**Ερευνητής:** *Θέλω να μου πεις τώρα, αν έχω ένα μαγνήτη και σπάσει στα δύο, τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν προσπαθήσω να ενώσω αυτά τα δύο σπασμένα κομμάτια;*

**Φοιτήτρια:** *Ε νομίζω ότι θα ενώνονταν.*

**Ερευνητής:** *Γιατί το νομίζεις;*

**Φοιτήτρια:** *Επειδή ουσιαστικά δεν χάνεται η δύναμη που έχει μέσα ο μαγνήτης. Είναι όπως την μαγνητική δέσμη που αν την κόψουμε, πάλι ενώνεται.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Παρόλα αυτά υπήρχαν κάποιοι φοιτητές που ακόμα και μετά τη διεξαγωγή πειραμάτων με μαγνητικές δέσμες κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών, δήλωσαν ότι τα δύο κομμάτια του μαγνήτη θα απωθούνταν ή δεν δήλωναν ξεκάθαρα το είδος αλληλεπίδρασης που θα παρατηρούσαν (Κατηγορία 2 και 3). Ένα σημείο του έργου που πιστεύεται ότι προβλημάτισε τους φοιτητές είναι το γεγονός ότι ο μαγνήτης που τους παρουσιάστηκε δεν έσπασε ομοιόμορφα σε μια ευθεία γραμμή και αυτό όπως φάνηκε δυσκόλεψε κάποιους από αυτούς, αφού αναφέρθηκαν στη συγκεκριμένη παράμετρο στην τελική απάντησή τους (Υποκατηγορία 2Β, Υποκατηγορία 3Γ). Η δυσκολία αυτή επιβεβαιώνεται και από το ακόλουθο απόσπασμα:

**Ερευνητής:** *Θέλω να μου πεις τώρα, αν έχω ένα μαγνήτη και σπάσει στα δύο, τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν προσπαθήσω να ενώσω αυτά τα δύο σπασμένα κομμάτια;*

**Φοιτήτρια:** *Δεν θα ενωνόταν, θα απωθείται.*

**Ερευνητής:** *Γιατί;*

**Φοιτήτρια:** *Βασικά δεν μπορείς να ξέρεις.. μπορείς ας πούμε σε αυτό το σημείο που ράγισε επειδή δεν είναι ομοιόμορφα τέλος πάντων ακριβώς στη μέση, να έμεινε λίγο νότιος και από εδώ λίγο νότιος, άρα δεν θα έλκεται.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Γ)

Η ανάλυση των τελικών απαντήσεων του συγκεκριμένου έργου αξιολόγησης, υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2$  (2) = 0.365,  $p > 0.05$ ) αλλά και ότι καμία ομάδα δεν είχε σημαντική βελτίωση στο συγκεκριμένο ερώτημα (Ομάδα Α:  $Z$  (13) = -1.474,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z$  (9) = -1.265,  $p > 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z$  (15) = -1.933,  $p > 0.05$ ). Επιπλέον, μέσα από τη σύγκριση των δύο πειραματικών ομάδων δεν εντοπίστηκαν οποιεσδήποτε διαφορές ( $U(10,15) = 73.000$ ,  $Z = -0.118$ ,  $p > 0.05$ ).



Πίνακας 14. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 5 / ερώτημα Α - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Τα κομμάτια έλκονται</b>		N=9	N=7	N=11
Α. Δημιουργούνται δύο καινούριοι πόλοι	«Θα έλκονταν μεταξύ τους τα δύο κομμάτια γιατί με το που έσπασε ο μαγνήτης δημιουργήθηκαν δύο άλλοι μαγνήτες από 2 πόλους ο καθένας NBNB.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	7	4	5
Β. Οι αρχικοί πόλοι (βόρειος και ο νότιος) έλκονται	«Θα επανέρχονταν σε ένα ενιαίο μαγνήτη, εάν οι πόλοι είναι δεξιά και αριστερά. Δηλαδή τα 2 κομμάτια που έσπασαν είναι οι πόλοι. Αφού είναι δύο ετερόνυμοι πόλοι ΒΝ τότε θα έλκονται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	1	-	3
Γ. Στη μέση του μαγνήτη δεν υπάρχουν ισχυρές δυνάμεις	«Αν προσπαθούσαμε να επαναφέρουμε σε επαφή τα δύο κομμάτια τότε θα τα καταφέραμε αφού στο κέντρο εκεί που έσπασαν αν υποθέσουμε ότι οι πόλοι του βρίσκονται στα άκρα τότε συμπεραίνουμε ότι στο κέντρο δεν θα υπάρχουν ισχυρές δυνάμεις άρα τα δύο σπασμένα μέρη εύκολα μπορούν να ενωθούν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
Δ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Τα δύο σπασμένα κομμάτια του μαγνήτη θα κολλούσαν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	1	3	2
<b>2. Τα κομμάτια απωθούνται</b>		-	N=2	N=4
Α. Οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται	«Αν προσπαθούσαμε να επαναφέρουμε τα δύο κομμάτια σε επαφή θα διαπιστώναμε ότι απωθούνται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	2	2
Β. Το σημείο που έσπασε ο μαγνήτης δεν είναι ευθεία γραμμή	«Προσπαθώντας να ενώσουμε τα δύο κομμάτια του σπασμένου μαγνήτη θα διαπιστώναμε ότι δεν θα μπορούσαμε και θα απωθούνταν μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν κόπηκαν ομοιόμορφα στη μέση για να ενωθούν οι αντίθετοι πόλοι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
Γ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Πιστεύω ότι αν προσπαθούσαμε να επαναφέρουμε σε επαφή τα δύο κομμάτια θα παρουσίαζαν άπωση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>3. Ασαφής απάντηση</b>		N=4	N=1	-
Α. Δεν έλκονται γιατί στη μέση του μαγνήτη δεν υπάρχει έλξη	«Δεν θα υπήρχε ιδιαίτερη έλξη, αφού στο κέντρο του ένας μαγνήτης έχει σχεδόν μηδενική ισχύ.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	2	-	-
Β. Δεν έλκονται γιατί οι πόλοι του μαγνήτη είναι στην πάνω και την κάτω του επιφάνεια	«Τα δύο κομμάτια δεν θα μπορούσαν να έρθουν σε επαφή μετά το σπάσιμο του μαγνήτη γιατί οι πόλοι του μαγνήτη αυτού βρίσκονταν στην πάνω και στην κάτω πλευρά.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
Γ. Δεν έλκονται γιατί το σημείο που έσπασε ο μαγνήτης	«Δεν θα μπορούσαν να έρθουν σε επαφή γιατί ο μαγνήτης στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν κόβεται ευθεία ούτε στο μισό. Η γραμμή δεν είναι ευθεία	-	1	-

δεν είναι ευθεία γραμμή	άρα περιέχει στοιχεία και από τον ένα πόλο και από τον άλλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>			
Δ. Δεν έλκονται	«Εάν προσπαθούσαμε να ενώσουμε τα δύο κομμάτια του μαγνήτη, θα παρατηρούσαμε πως δεν είναι εφικτό να γίνει.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
<b>4. Μη δυνατότητα απάντησης στο ερώτημα</b>		-	N=1	-
Α. Δεν γνωρίζουμε που είναι οι αρχικοί πόλοι του μαγνήτη	«Βασικά δεν γνωρίζουμε που βρίσκονται οι πόλοι του μαγνήτη. Γιατί αν ήταν στην άκρια οι πόλοι, δεν θα ενώνονταν γιατί υπάρχει περισσότερη δύναμη στον πόλο παρά στο κέντρο του μαγνήτη άρα δεν θα ενωθούν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-
<b>5. Καμία απάντηση</b>			N=1	
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Από την ανάλυση του πρώτου μέρους του 5<sup>ου</sup> έργου αξιολόγησης παρατηρήθηκε επίσης ότι κάποιοι φοιτητές δυσκολεύτηκαν να απαντήσουν στο ερώτημα που τους δόθηκε, λόγω του ότι δεν προσδιορίζονταν αρχικά που ήταν οι πόλοι του μαγνήτη. Έτσι κυρίως μετά τη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση, όπου είχαν την ευκαιρία να πειραματιστούν με διάφορα είδη μαγνητών, είχαν υπόψη τους ότι οι πόλοι ενός μαγνήτη δεν βρίσκονται πάντα στις πλάγιες άκρες του. Το 'πρόβλημα' αυτό, εντοπίστηκε σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων των φοιτητών στο δεύτερο ερώτημα του έργου αξιολόγησης, το οποίο τους ζητούσε να προσδιορίσουν τους πόλους του κάθε κομματιού του μαγνήτη. Η πλειοψηφία των φοιτητών, κυρίως κατά τη δεύτερη συμπλήρωση του έργου (Προπειραματικό δοκίμιο: N = 1, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N = 12), δήλωσαν ξεκάθαρα στην απάντησή τους ότι δεν μπορούσαν να απαντήσουν στο ερώτημα λόγω του ότι δεν γνώριζαν που ήταν οι αρχικοί πόλοι του μαγνήτη. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα απάντησης είναι το ακόλουθο:

*«Δεν μπορούμε να υποδείξουμε τους πόλους του κάθε κομματιού διότι δεν ξέρουμε που βρίσκονται. Μπορεί να είναι στα πλάγια, πάνω κάτω, δεξιά ή αριστερά. Χρειαζόμαστε ένα σιδηρομαγνητικό για να αποφασίσουμε που είναι οι πόλοι.»*

(Μεταπειραματικό δοκίμιο, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

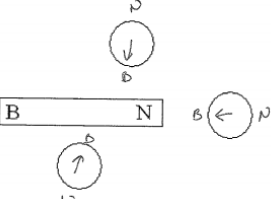
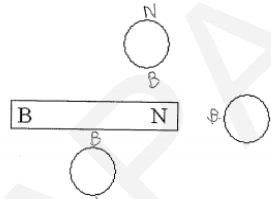
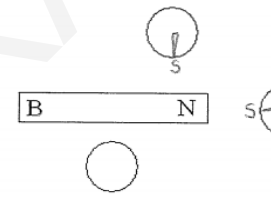
Η παράλειψη αυτή, θεωρήσαμε ότι κατέστησε το συγκεκριμένο ερώτημα του έργου αξιολόγησης μη έγκυρο και για αυτό τον λόγο, δεν θα συμπεριληφθούν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη συμπλήρωσή του, στην εργασία. Επιπρόσθετα, στην προσπάθειά μας να αποκλείσουμε τις περιπτώσεις των φοιτητών που εκδήλωσαν ρητά στην απάντησή τους, τη

δυσκολία τους να απαντήσουν το ερώτημα λόγω έλλειψη πληροφοριών, παρατηρήσαμε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις αρχικές απαντήσεις των τριών ομάδων ( $\chi^2(2) = 6.452, p < 0.05$  – Ομάδα Α: Mean Rank = 16.62, Ομάδα Β: Mean Rank = 15.82, Ομάδα Γ: Mean Rank = 25.07), γεγονός που θα καθιστούσε αδύνατη τη σύγκριση τους μετά τη διδακτική παρέμβαση.

#### **Έργο αξιολόγησης 6 / Ερώτημα Α**

Το έκτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στους συμμετέχοντες της 1<sup>ης</sup> μελέτης, αφορούσε στην κατανόηση του μαγνητικού πεδίου και αποτελείτο από δύο επιμέρους ερωτήματα. Κατά τη συμπλήρωση του πρώτου ερωτήματος, οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν τον προσανατολισμό τριών πυξίδων που ήταν γύρω από έναν μαγνήτη και στη συνέχεια να εξηγήσουν τον συλλογισμό τους. Κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων, δόθηκε περισσότερη έμφαση στην επεξήγηση που δόθηκε από τους φοιτητές, αφού στόχος της ανάλυσης ήταν η ανάδειξη των ποιοτικών διαφορών που εντοπίστηκαν στις απαντήσεις και δευτερεύουσας σημασίας έτυχαν οι πληροφορίες που δίνονταν μέσα από τον σχεδιασμό του προσανατολισμού των πυξίδων. Μέσα από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τις αρχικές απαντήσεις, φάνηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 0.306, p > 0.05$ ). Παρόμοια απόδοση φάνηκε να είχαν και οι φοιτητές των δύο πειραματικών ομάδων ( $U(11,15) = 81.500, Z=-0.055, p>0.05$ ). Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται τα διαφορετικά είδη συλλογισμού που εντοπίστηκαν κατά την ανάλυση των απαντήσεων.

Πίνακας 15. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Α\_εγνωστική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη) (λανθασμένη τοποθέτηση πυξίδας που βρίσκεται στο κέντρο)</b>		N=1	N=2	N=1
Α. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, στρέφεται προς τον νότιο ή τον βόρειο πόλο του μαγνήτη	 <p>«Σκέφτηκα να τα σχεδιάσω με τον πιο πάνω τρόπο γιατί τα ετερόνυμα έλκονται. Οπότε η βελόνα της πυξίδας θα δείχνει προς το μαγνήτη και αφού οι πυξίδες είναι προς την μεριά του N τότε οι πυξίδες θα δείχνουν προς τη μεριά του B.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	1	1	-
Β. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, προσανατολίζεται προς το κέντρο του μαγνήτη	 <p>«Θα πρέπει να έχουν αντίθετους πόλους για να έλκονται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	-	1	1
<b>2. Μόνο κοντά στους πόλους του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη)</b>		N=1	-	-
Α. Καμία αναφορά στον προσανατολισμό της πυξίδας που βρίσκεται στο κέντρο	 <p>«Ο μαγνήτης επηρεάζει τις βελόνες των πυξίδων, πάντα η βελόνα της πυξίδας φανερώνει τον βορρά επομένως θα έλκεται με τον νότιο πόλο του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	1	-	-
<b>3. Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (λανθασμένο σκεπτικό)</b>		N=2	N=2	N=7

Α. Οι πυξίδες έχουν τον ίδιο προσανατολισμό με τον μαγνήτη (δεξιά ο βόρειος και αριστερά ο νότιος πόλος)		<p>«Δεν είμαι σίγουρη αλλά πιστεύω ότι θα επηρεαστούν οι πυξίδες από το μαγνήτη και θα αλληλεπιδράσουν με αυτό αφού όπως ο μαγνήτης είναι τοποθετημένος με το B και το N έτσι και οι πυξίδες θα επηρεαστούν και θα τοποθετηθούν με τον ίδιο τρόπο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	1	-	2
Β. Οι πυξίδες προσανατολίζονται ανάλογα με τον βόρειο πόλο του μαγνήτη		<p>«Θεωρήθηκε ότι οι πυξίδες κατευθύνονται προς βορρά άρα υπάρχει ώθηση προς τα αριστερά του μαγνήτη όπου αντικατοπτρίζεται ο βορράς.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b></p>	1	2	3
Γ. Έλξη όμοιων πόλων πυξίδας – μαγνήτη		<p>«Ότι το βελάκι B της πυξίδας θα έλκεται από το B πόλο του μαγνήτη και το βελάκι N από τον N πόλο του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b></p>	-	-	2
<b>4. Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (ελλιπής απάντηση)</b>			N=7	N=6	N=4
Α. Οι πυξίδες επηρεάζονται από τον μαγνήτη		<p>«Ο προσανατολισμός των πυξίδων είναι η έλξη από τους μαγνήτες. Αναλόγως που βρίσκεται η κάθε πυξίδα, ο προσανατολισμός τους κοιτάζει τον μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b></p>	7	6	4
<b>5. Ο μαγνήτης δεν επηρεάζει τον προσανατολισμό των πυξίδων</b>			N=2	N=1	N=3

<p>A. Οι πυξίδες προσανατολίζονται πάντα προς τον βόρειο γεωγραφικό πόλο</p>		<p>«Οι πυξίδες θα δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση άσχετα από τη θέση που τοποθετήθηκαν. Οι πυξίδες δείχνουν προς το βορρά.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	1	-	1
<p>B. Οι πυξίδες δεν επηρεάζονται από τον μαγνήτη- καμία πρόσθετη πληροφορία</p>		<p>«Δεν πιστεύω πως έχει κάποια σχέση ο μαγνήτης με τις πυξίδες όσο αφορά τον προσανατολισμό.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	1	1	-
<p>Γ. Τυχαίος σχεδιασμός προσανατολισμού πυξίδων</p>		<p>«Η επιλογή με την οποία έβαλα τις πυξίδες μου είναι τυχαία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b></p>	-	-	2
<b>Σύνολο (N)</b>			<b>13</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

Σύμφωνα με την ανάλυση των αρχικών απαντήσεων, παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών και στις τρεις ομάδες (Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β: N=6, Ομάδα Γ: N=4), θεωρούσαν πως ο προσανατολισμός των πυξίδων επηρεαζόταν από τον μαγνήτη, χωρίς όμως να περιγράφουν περισσότερο τον συλλογισμό τους (Κατηγορία 4). Επίσης, αρκετοί συμμετέχοντες πριν τη διδακτική παρέμβαση υποστήριζαν ότι ο μαγνήτης επηρέαζε τον προσανατολισμό των πυξίδων, στηριζόμενοι όμως σε ένα λανθασμένο σκεπτικό. Συγκεκριμένα, κάποιοι (Ομάδα Α: N=1, Ομάδα Γ: N=2) θεωρούσαν ότι οι πυξίδες θα προσανατολιζόνταν με τον ίδιο τρόπο που ήταν τοποθετημένος ο μαγνήτης, δηλαδή έχοντας τον βόρειο τους πόλο αριστερά και τον νότιο τους πόλο δεξιά (Υποκατηγορία 3Α). Ένα άλλο είδος συλλογισμού που κωδικοποιήθηκε σε αυτή την κατηγορία και υποστηρίχθηκε από κάποιους φοιτητές (Υποκατηγορία 3Β) είναι το ότι οι πυξίδες προσανατολίζονται πάντα προς τον βόρειο πόλο του μαγνήτη.

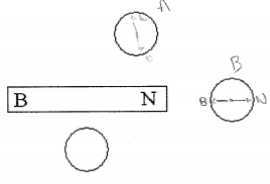
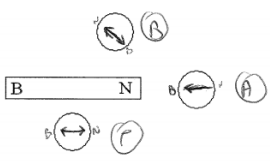
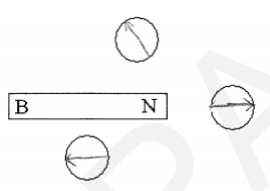
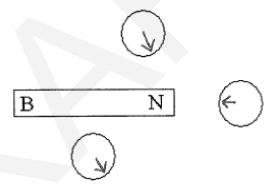
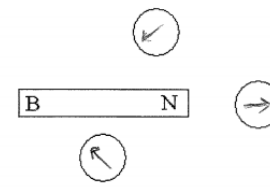
Κατά την ανάλυση των απαντήσεων από τα προπειραματικά δοκίμια, εντοπίστηκαν και κάποιες περιπτώσεις φοιτητών που θεωρούσαν ότι ο μαγνήτης δεν επηρέαζε καθόλου τον προσανατολισμό των πυξίδων (Κατηγορία 5). Μόνο 4 συμμετέχοντες (Κατηγορία 1) εξέφρασαν έναν ορθό συλλογισμό και φάνηκε ότι κατανοούσαν ότι ο προσανατολισμός και των τριών πυξίδων ήταν ανάλογος της έλξης των αντίθετων πόλων της πυξίδας και του μαγνήτη, παρόλο που και οι τέσσερις σχεδίασαν λανθασμένα τον προσανατολισμό της πυξίδας που βρισκόταν στο κέντρο του μαγνήτη. Ένας επιπλέον φοιτητής εξέφρασε παρόμοιο σκεπτικό, όμως ο συγκεκριμένος θεωρούσε ότι επηρεάζονταν μόνο οι πυξίδες που ήταν τοποθετημένες κοντά στους πόλους του μαγνήτη.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην αντίληψη των φοιτητών για το μαγνητικό πεδίο, και στις τρεις ομάδες (Ομάδα Α:  $Z(13) = -2.923$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(11) = -2.031$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.917$ ,  $p < 0.05$ ). Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μετατόπιση στη συχνότητα εμφάνισης των απαντήσεων στις πιο επιστημονικά ενημερωμένες κατηγορίες (Πίνακας 16). Δεκατρείς συμμετέχοντες συνολικά (Υποκατηγορία 1Α) μετά την πραγματοποίηση των διδασκαλιών, κατανόησαν ότι ο προσανατολισμός των πυξίδων επηρεάζεται από τον μαγνήτη και ήταν σε θέση να σχεδιάσουν ορθά και τους τρεις προσανατολισμούς.

Πίνακας 16. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών σε ερώτημα στο μεταπειραματικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Α\_εγνωστική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β	Μ.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη)</b>		N=4	N=4	N=5
A. Ο βόρειος πόλος του μαγνήτη ελκύει τον νότιο πόλο της πυξίδας	<p>«Όταν ένας μαγνήτης αλληλεπιδρά με μια πυξίδα, τότε ο βόρειος πόλος της πυξίδας έλκεται από τον μαγνήτη και τον νότιο πόλο και ο νότιος πόλος της πυξίδας έλκεται από το βόρειο πόλο του μαγνήτη. Όσο πιο μικρή είναι η απόσταση μεταξύ τους, τόσο πιο έντονη είναι η αλληλεπίδραση και άρα τόσο πιο ξεκάθαρος ο προσανατολισμός της πυξίδας. Στη θέση 2 είναι ξεκάθαρο ότι ο βόρειος πόλος της πυξίδας έλκεται από τον νότιο πόλο του μαγνήτη. Το ίδιο συμβαίνει και στη θέση 1 επειδή στο σημείο που βρίσκεται η πυξίδα δεν αλληλεπιδρά με τον βόρειο πόλο για να την επηρεάσει. Όμως στη θέση 3, η πυξίδα επηρεάζεται και από τους δύο πόλους, για αυτό ο νότιος της πόλος δείχνει στον βόρειο της πυξίδας και ο βόρειος της δείχνει στο νότιο της πυξίδας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b></p>	4	4	5
<b>2. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη) (λανθασμένη τοποθέτηση πυξίδας που βρίσκεται στο κέντρο)</b>		N=5	N=2	N=4
A. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, στρέφεται προς τον νότιο ή τον βόρειο πόλο του μαγνήτη	<p>«Ο βόρειος πόλος των πυξίδων θα προσανατολίζεται προς το νότιο του μαγνήτη αφού οι βελόνες των πυξίδων αντιδρούν σαν μαγνήτες και όταν βρίσκονται κοντά σε αυτούς οι όμοιοι πόλοι απωθούνται και οι αντίθετοι έλκονται. Άρα ο Β της πυξίδας θα έλκεται με το Ν του μαγνήτη. Ο Ν της πυξίδας θα έλκεται με τον Β του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	4	2	3
B. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, προσανατολίζεται προς το κέντρο του μαγνήτη	<p>«Οι βελόνες των πυξίδων (κόκκινο χρώμα) δείχνουν το βορρά. Επομένως αφού είναι κοντά τους ο νότιος πόλος του μαγνήτη προσανατολίζονται ανάλογα γιατί έλκονται. Η πυξίδα που βρίσκεται μεταξύ των δύο πόλων προσανατολίζεται στη μέση γιατί δέχεται την ίδια δύναμη και από τους δύο πόλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	1	-	1
<b>3. Μόνο κοντά στους πόλους του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη)</b>		N=3	N=2	N=3



Α. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο προσανατολίζεται ανάλογα με τη Γη		«Πυξίδα Α: το βελάκι του βορρά δείχνει στο νότιο διότι είναι πιο κοντά στο νότιο άκρο, έτσι επηρεάζει περισσότερο την πυξίδα και αφού ξέρουμε ότι έλκονται τα αντίθετα προκύπτει εκεί το βελάκι. Πυξίδα Β: το ίδιο ισχύει και για την πυξίδα β. Πυξίδα Γ: Θα προσανατολιστεί σύμφωνα με τη γη» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	2	2	3
Β. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο δεν δέχεται καμία δύναμη		«Σκέφτηκα ότι ο βορράς της πυξίδας θα ευθυγραμμίζεται στη μια περίπτωση με το νότιο πόλο της πυξίδας. Στη β περίπτωση η πυξίδα προσανατολίζεται πιο κοντά στο νότιο πόλο ενώ στη γ δεν υπάρχει καμία αλλαγή γιατί η πυξίδα βρίσκεται στη μέση των δύο πόλων.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	1	-	-
<b>4. Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (λανθασμένο σκεπτικό)</b>			-	N=1	-
Α. Οι πυξίδες προσανατολίζονται ανάλογα με τον βόρειο πόλο του μαγνήτη		«Το βέλος δείχνει πάντα τον βορρά, έτσι στο νότιο πόλο θα δείχνει αντίθετα. Το πάνω βέλος είναι στη διαδικασία που πηγαίνει προς το βόρειο πόλο. Το βέλος στο κέντρο που είναι παράλληλο με το μαγνήτη δείχνει προς το βόρειο. Σχηματίζοντας το μαγνητικό πεδίο. μπορείς να προσδιορίσεις τη μαγνητική γραμμή και το βέλος να βλέπει πάντα τον βορρά.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-
<b>5.Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (ελλιπής απάντηση)</b>		«Οι πυξίδες επηρεάζονται από την παρουσία του μαγνήτη. Ωστόσο η αλληλεπίδραση τους είναι πιο έντονη στα άκρα του μαγνήτη και πιο ήπιο όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν ή κατευθυνόμαστε προς το κέντρο του.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	N=3	N=2
<b>6. Ο μαγνήτης δεν επηρεάζει τον προσανατολισμό των πυξίδων</b>			-	-	N=1
Α. Οι πυξίδες προσανατολίζονται ανάλογα με τη Γη		«Σχεδίασα τους πιο πάνω μαγνήτες με αυτούς τους προσανατολισμούς για τον εξής λόγο: Ο βόρειος μαγνητικός πόλος αντιστοιχεί και έλκεται με το νότιο μαγνητικό πόλο της γης και αντίθετα ο νότιος μαγνητικός πόλος με το βόρειο μαγνητικό πόλο της γης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>Σύνολο (N)</b>			<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Παρόμοιο σκεπτικό παρουσίασαν ακόμα 11 φοιτητές (Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Β: N=2, Ομάδα Γ: N=4) , οι οποίοι όμως κατά τον σχεδιασμό του προσανατολισμού των πυξίδων, σχεδίασαν λανθασμένα τον προσανατολισμό της πυξίδας που βρισκόταν κοντά στο κέντρο του μαγνήτη, είτε στρέφοντας την προς τον ένα από τους δύο πόλους του μαγνήτη, είτε προς το κέντρο του μαγνήτη (Κατηγορία 2).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι μόνο ένας συμμετέχοντας (Υποκατηγορία 6Α) κατά τη δεύτερη συμπλήρωση του συγκεκριμένου έργου αξιολόγησης, υποστήριξε ότι ο προσανατολισμός των πυξίδων δεν θα επηρεαζόταν καθόλου από τον μαγνήτη.

Όπως και στην περίπτωση του προπαρασκευαστικού δοκιμίου, έτσι και στο μεταπειραματικό δοκίμιο δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 0.481$ ,  $p > 0.05$ ), αλλά ούτε και ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες ( $U(12,15) = 85.000$ ,  $Z = -0.251$ ,  $p > 0.05$ ).

### **Έργο αξιολόγησης 6 / Ερώτημα Β**

Κατά την απάντηση, του δεύτερου ερωτήματος του 6<sup>ου</sup> έργου αξιολόγησης, οι φοιτητές έπρεπε να προβληματιστούν για το αν η αλληλεπίδραση ενός μαγνήτη με ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο θα παραμείνει η ίδια, αν πλησιάσει σε αυτά ένας δεύτερος μαγνήτης. Όπως φαίνεται και από τον πιο κάτω πίνακα (Πίνακας 17), η πλειοψηφία των φοιτητών (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=10, Ομάδα Β: N=7, Ομάδα Γ: N=11) πριν τη διδακτική παρέμβαση, υποστήριξε ότι η αλληλεπίδραση των δύο αντικείμενων θα άλλαζε με την προσθήκη του δεύτερου μαγνήτη. Οι περισσότεροι από αυτούς (Υποκατηγορία 1Β: Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Γ: N=3, Ομάδα Β: N=3), αναφέρθηκαν σε πιθανή αλληλεπίδραση των δύο μαγνητών. Επιπλέον, κάποιοι συμμετέχοντες (Υποκατηγορία 1Γ: Ομάδα Α: N=3, Ομάδα Β: N=6) που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία, υποστήριξαν στην απάντηση τους ότι μετά την προσθήκη του 2<sup>ου</sup> μαγνήτη, τα τρία αντικείμενα θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ένα άλλο σημαντικό εύρημα που προέκυψε από την ανάλυση των αρχικών απαντήσεων, ήταν ότι μόνο σε μια απάντηση έγινε αναφορά στην έννοια του μαγνητικού πεδίου και στο ότι η προσθήκη του επιπλέον μαγνήτη, θα επηρεάσει το μαγνητικό πεδίο που υπήρχε ανάμεσα στον πρώτο μαγνήτη και το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο.

Έξι συμμετέχοντες της έρευνας υποστήριξαν ότι η προσθήκη του δεύτερου μαγνήτη δεν θα επηρεάζε την αλληλεπίδραση του πρώτου μαγνήτη και του σιδηρομαγνητικού αντικείμενου (Κατηγορία 2). Τέλος, έξι περιπτώσεις απαντήσεων, κωδικοποιήθηκαν σαν άσχετες, αφού το περιεχόμενό τους δεν σχετιζόταν με το ερώτημα του έργου αξιολόγησης (Κατηγορία 3). Από την στατιστική ανάλυση των αρχικών απαντήσεων, παρατηρήθηκε ότι

δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον τρόπο συμπλήρωσης των απαντήσεων, από τους φοιτητές των τριών ομάδων ( $\chi^2(2) = 1.823, p > 0.05$ ), αλλά ούτε και ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες ( $U(11,15) = 66.000, Z = -1.016, p > 0.05$ ).

Πίνακας 17. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Ο μαγνήτης δεν αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο</b>		N=10	N=7	N=11
A. Επίδραση στο μαγνητικό πεδίο μαγνήτη – σιδηρομαγνητικού αντικειμένου	«Αν ο άλλος μαγνήτης έχει μικρότερο μέγεθος ή γενικώς δεν επιδρά μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο, τότε ναι θα αλληλεπιδρούν με τον ίδιο τρόπο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
B. Αναφορά σε πιθανή αλληλεπίδραση δύο μαγνητών	«Πιστεύω ότι δεν αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο αφού ο άλλος μαγνήτης θα επιδρά με τον άλλο μαγνήτη και θα αλλάξει η αλληλεπίδραση με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο. Εξαρτάται όμως και αν είναι πολύ μεγάλη απόσταση από τον άλλο μαγνήτη έτσι ώστε να μην έχει κάποια αλληλεπίδραση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	5	3	3
Γ. Αναφορά σε πιθανή αλληλεπίδραση ανάμεσα στα τρία αντικείμενα	«Διαφωνώ. Αν υπάρχει και άλλος μαγνήτης τότε και αυτός ασκεί δυνάμεις τόσο στο αντικείμενο όσο και στον άλλο μαγνήτη. Αρα δεν θα αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	3	-	6
Δ. Αναφορά σε προϋποθέσεις:		-	3	1
ο Μεγαλύτερη ισχύς δεύτερου μαγνήτη	«Θεωρώ την πιο πάνω άποψη ορθή σε κάποιο βαθμό διότι εάν το άλλο αντικείμενο είναι πιο ισχυρό τότε θα μειωθεί και η ισχύ έλξης του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	1	1
ο Προσανατολισμός πόλων των δύο μαγνητών	«Δεν θα έλκονταν αν δεν ήταν σε κοντινή απόσταση και αν υπήρχε παρουσία άλλου μαγνήτη θα έλκονταν ανάλογα με ..τους πόλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	2	-
E. Με την τοποθέτηση του δεύτερου μαγνήτη, ο πρώτος μαγνήτης έχει μικρότερη επίδραση στο σιδηρομαγνητικό	«Ίσως η ισχύς με την οποία να αλληλεπιδρά με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο να είναι μικρότερη αν υπάρχει σε κοντινή απόσταση κι άλλος μαγνήτης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
Z. Ο δεύτερος μαγνήτης ασκεί επιπλέον δυνάμεις (δεν προσδιορίζεται το που)	«Πιστεύω πως ο μαγνήτης δεν μπορεί να αλληλεπιδράσει με τον ίδιο τρόπο αν βρίσκεται ένας άλλος μαγνήτης κοντά ή όχι. Αυτό συμβαίνει γιατί και ο Β μαγνήτης ασκεί δυνάμεις.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-
Θ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Εγώ πιστεύω ότι θα παρατηρηθεί αλλαγή αν υπάρχει σε κοντινή απόσταση κι άλλος μαγνήτης. Αν δεν υπάρχει ναι το αντικείμενο θα έλκεται προς τον μαγνήτη πιο γρήγορα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	-
<b>2. Ο μαγνήτης αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο</b>		N=2	N=2	N=2
A. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με την άποψη του μαθητή καθώς ο μαγνήτης θα ελκύει το αντικείμενο ανεξάρτητα εάν υπάρχει κοντά από τον μαγνήτη και άλλος	2	2	2

	μαγνήτης» Φοιτήτρια, Ομάδα Α			
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>	«Εγώ πιστεύω πως το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο έχει περισσότερη δύναμη, πιο ισχυρό σε όποια απόσταση να βρίσκεται από ότι ο μαγνήτης που έχει μικρότερη δύναμη από το μαγνητικό γιατί ο μαγνήτης χρειάζεται να είναι κοντά σε ένα αντικείμενο για να τα αλληλεπιδράσει ενώ το σιδηρομαγνητικό όχι» Φοιτήτρια, Ομάδα Β	N=1	N=3	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση και τη δεύτερη χορήγηση του έργου αξιολόγησης, παρατηρήθηκε ότι και πάλι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων (Ομάδα Α: N=12, Ομάδα Β: N=11, Ομάδα Γ: N=12) διαφώνησε με την άποψη που παρουσιάζόταν στο ερώτημα, και υποστήριξε τη διαφοροποίηση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον μαγνήτη και το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο (Πίνακας 18). Η αιτιολόγηση που εμφανίστηκε στις περισσότερες απαντήσεις (Ομάδα Α: N=3, Ομάδα Β: N=3, Ομάδα Γ: N=6), αναφερόταν στην πιθανή αλληλεπίδραση του σιδηρομαγνητικού αντικειμένου με τους δύο μαγνήτες (Υποκατηγορία 1Γ). Επίσης, τρεις φοιτητές αναφέρθηκαν στο ότι η προσθήκη του επιπλέον μαγνήτη θα επηρέαζε το υφιστάμενο μαγνητικό πεδίο, απάντηση που αναμέναμε να εμφανιστεί σε μεγαλύτερο αριθμό τελικών απαντήσεων. Ένα παράδειγμα σχετικής δήλωσης που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων είναι το ακόλουθο:

**Ερευνητής:** Συμφωνείς με το μαθητή που λέει ότι όταν έχω ένα μαγνήτη που αλληλεπιδρά με ένα συνδετηράκι, ότι αν πλησιάσω κοντά του ένα άλλο μαγνήτη ότι δεν θα επηρεαστεί εκείνη η αλληλεπίδραση. Συμφωνείς με αυτό;

**Φοιτήτρια:** .... Εξαρτάται πόσο κοντά του. Ουσιαστικά ... η ένταση του μαγνήτη καθορίζεται από το μαγνητικό πεδίο.. η ένταση αλληλεπίδρασης εννοώ. Αν emπίπτει μέσα στα όρια του μαγνητικού πεδίου ... αν emπίπτει μέσα στα όρια του μαγνητικού πεδίου, τότε ναι θα... δεν θα αλληλεπιδράσει με τον ίδιο τρόπο.

**Ερευνητής:** Άρα αν είναι κοντά στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη ο άλλος μαγνήτης τότε θα επηρεαστεί η αλληλεπίδραση;

**Φοιτήτρια:** Ναι

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Από την στατιστική ανάλυση των τελικών απαντήσεων, πάλι δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 0.499$ ,  $p > 0.05$ ). Παρόμοια ευρήματα εντοπίστηκαν και από τη σύγκριση των τελικών απαντήσεων των φοιτητών της Ομάδας Β και Γ ( $U(12,15) = 81.000$ ,  $Z=-0.712$ ,  $p>0.05$ ). Παρόλα αυτά, μόνο οι φοιτητές της δεύτερης ομάδας παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση μετά την

διδασκτική παρέμβαση (Ομάδα Α:  $Z(13) = -0.577, p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(11) = -1.857, p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -1.000, p > 0.05$ ).

Πίνακας 18. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 6 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Ο μαγνήτης δεν αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο</b>		N=11	N=11	N=12
Α. Επίδραση στο μαγνητικό πεδίο μαγνήτη – σιδηρομαγνητικού αντικειμένου	«Ένας μαγνήτης αλληλεπιδρά με ένα σιδηρομαγνητικό αν βρίσκεται μέσα στα όρια του μαγνητικού πεδίου...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	1	2	-
Β. Αναφορά σε πιθανή αλληλεπίδραση δύο μαγνητών	«Διαφωνώ με την άποψη του πιο πάνω μαθητή. Οι μαγνήτες πέρα της αλληλεπίδρασης τους (έλξη) που έχουν με τα σιδηρομαγνητικά αντικείμενα, αλληλεπιδρούν και με τους μαγνήτες (είτε άπωση είτε έλξη). Αν ο 2ος μαγνήτης βρίσκεται κοντά στο 1ο μαγνήτη τότε θα υπάρξει και με αυτόν αλληλεπίδραση, είτε έλξη είτε άπωση. Εξαρτάται προς τα που είναι στραμμένοι οι πόλοι τους (όμοιοι, ανόμοιοι) πέρα από την αλληλεπίδραση που θα παρατηρηθεί με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	2	4	-
Γ. Αναφορά σε πιθανή αλληλεπίδραση ανάμεσα στα τρία αντικείμενα	«Αν υπάρχουν δυο μαγνήτες κοντά σε ένα σιδηρομαγνητικό τότε αλληλεπιδρούν και οι δύο μαγνήτες με το αντικείμενο. Οπότε όταν είναι ο πρώτος μαγνήτης μόνος του αλληλεπιδρά διαφορετικά στο σιδηρομαγνητικό αφού μόνο αυτός το ελκύει ενώ αν υπάρχει και άλλος το ελκύουν και οι δύο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	3	4	7
Δ. Αναφορά σε προϋποθέσεις:		3	1	3
ο Μεγαλύτερη ισχύς δεύτερου μαγνήτη	«Είναι λανθασμένη η άποψη του φοιτητή διότι εάν ο άλλος μαγνήτης που είναι πιο ισχυρός θα έλκει το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο σε πιο μικρή απόσταση και με μεγαλύτερη ένταση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	1	1	2
ο Προσανατολισμός πόλων των δύο μαγνητών	«Η άποψη του συγκεκριμένου μαθητή είναι λανθασμένη. Ο κάθε μαγνήτης όταν είναι σε μικρή απόσταση από ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο το έλκει. Σε περίπτωση που ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο δέχεται αλληλεπίδραση από 2 μαγνήτες τότε ανάλογα με τη διάταξη αλλάζει ο τρόπος που αλληλεπιδρούν. π.χ. όμοιοι μαγνήτες, σιδηρομαγνητικό αντικείμενο - το αντικείμενο δεν θα πλησιάσει προς τον ένα από τους δύο μαγνήτες καθώς δέχεται ίσες δυνάμεις έλξης και από τους δύο (ο καθορισμός των πόλων Β Ν είναι τυχαίος)» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	2	-	1
Ε. Ο δεύτερος μαγνήτης ασκεί επιπλέον δυνάμεις (δεν προσδιορίζεται το που)	«Ο μαγνήτης δεν θα αλληλεπιδρά με την ίδια ένταση με ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο γιατί θα υπάρχει μια επιπλέον δύναμη, αυτή που θα ασκείται από το δεύτερο μαγνήτη, αφού είναι σε κοντινή απόσταση.»	1	-	-

	<b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>			
Z. Οι δυνάμεις των δύο μαγνητών εξουδετερώνονται	«Διαφωνώ εάν υπάρχει άλλος μαγνήτης θα επηρεαστεί η αλληλεπίδραση του άλλου μαγνήτη και το συνδετήρακι. Αυτό συμβαίνει γιατί η δύναμη των δύο μαγνητών εξουδετερώνεται. Εάν δεν υπάρχει άλλος μαγνήτης, θα αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
H. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Διαφωνώ γιατί αν υπάρχει άλλος μαγνήτης κοντά επηρεάζεται ο βαθμός αλληλεπίδρασης του αντικειμένου.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	1	-	1
<b>2. Ο μαγνήτης αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο με το σιδηρομαγνητικό αντικείμενο</b>		N=1	-	N=3
A. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με αυτή την άποψη. Αφού όσοι μαγνήτες και να είναι κοντά σε ένα μαγνήτη, αυτός θα έλκει κανονικά το σιδηρομαγνητικό. Θα αλληλεπιδρά με το σιδηρομαγνητικό με τον ίδιο τρόπο που θα αλληλεπιδρούσε εάν δεν υπήρχε άλλος μαγνήτης κοντά του.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-	3
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>	«Διαφωνώ με την άποψη του μαθητή, γιατί όσο πιο κοντά βρίσκεται στους πόλους ενός μαγνήτη ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο, αλληλεπιδρά πιο έντονα, από ότι όταν βρίσκεται σε μια πιο μεγάλη απόσταση.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	N=1	-
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

### 1.1.2 Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης

#### Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Α

Το πρώτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στους συμμετέχοντες της πρώτης μελέτης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, επιδίωκε στην αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης της διάκρισης παρατήρησης – ερμηνείας. Στο πρώτο μέρος του έργου, οι φοιτητές έπρεπε να διαχωρίσουν δέκα δηλώσεις με βάση το περιεχόμενό τους, προσδιορίζοντας για το αν επρόκειτο για παράδειγμα παρατήρησης ή ερμηνείας. Μέσα από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφοροποίηση στον τρόπο διαχωρισμού των δηλώσεων από τους φοιτητές των τριών ομάδων (Δήλωση 1:  $\chi^2(2) = 0.108$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 2:  $\chi^2(2) = 0.575$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 3:  $\chi^2(2) = 0.656$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 4:  $\chi^2(2) = 5.916$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 5:  $\chi^2(2) = 0.829$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 6:  $\chi^2(2) = 0.556$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 7:  $\chi^2(2) = 0.671$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 8:  $\chi^2(2) = 0.086$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 9:  $\chi^2(2) = 0.791$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 10:  $\chi^2(2) = 2.702$ ,  $p > 0.05$ ), καθώς ούτε και ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες (Δήλωση 1: (U(12,15) = 87.000, Z = -0.217,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 2: (U(12,15) = 78.000, Z = -0.688,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 3: (U(12,15) = 81.000, Z = -0.609,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 4: (U(12,15) = 81.000, Z = -0.510,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 5: (U(12,14) = 73.000, Z = -0.905,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 6: (U(12,15) = 88.500, Z = -0.096,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 7:

( $U(12,15) = 79.500$ ,  $Z = -0.761$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 8: ( $U(10,14) = 68.000$ ,  $Z = -0.137$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 9: ( $U(11,14) = 67.000$ ,  $Z = -0.790$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 10: ( $U(12,15) = 64.500$ ,  $Z = -1.461$ ,  $p > 0.05$ )). Αντίστοιχα ευρήματα εντοπίστηκαν και από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τη δεύτερη χορήγηση του έργου αξιολόγησης, αφού στις εννέα από τις δέκα δηλώσεις δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των συμμετεχόντων των τριών ομάδων (Δήλωση 1:  $\chi^2(2) = 1.017$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 2:  $\chi^2(2) = 1.061$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 3:  $\chi^2(2) = 2.520$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 4:  $\chi^2(2) = 1.210$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 6:  $\chi^2(2) = 4.625$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 7:  $\chi^2(2) = 2.545$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 8:  $\chi^2(2) = 0.266$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 9:  $\chi^2(2) = 1.182$ ,  $p > 0.05$ , Δήλωση 10:  $\chi^2(2) = 0.892$ ,  $p > 0.05$ ). Μόνο σε μια δήλωση (Δήλωση 5) εντοπίστηκαν διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 7.215$ ,  $p < 0.05$ ) όπου οι συμμετέχοντες των δύο πειραματικών ομάδων είχαν καλύτερες επιδόσεις (Ομάδα Β: Mean Rank = 21.50, Ομάδα Γ: Mean Rank = 21.50) σε σχέση με τους φοιτητές της ομάδας ελέγχου (Ομάδα Α: Mean Rank = 16.63). Στη συγκεκριμένη δήλωση, η οποία ανέφερε ότι «Η κίνηση ενός αυτοκινήτου προκύπτει από το αποτέλεσμα της μετατροπής της χημικής ενέργειας σε κινητική ενέργεια των τροχών του», όλοι οι συμμετέχοντες και στις δύο πειραματικές ομάδες την χαρακτήρισαν σαν παράδειγμα ερμηνείας, ενώ κάποιοι φοιτητές ( $N=3$ ) από την ομάδα ελέγχου την κωδικοποίησαν ως παράδειγμα παρατήρησης. Όσον αφορά στη σύγκριση των δύο πειραματικών ομάδων πάλι δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Δήλωση 1: ( $U(12,15) = 79.500$ ,  $Z = -0.832$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 2: ( $U(12,15) = 72.000$ ,  $Z = -1.020$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 3: ( $U(12,15) = 72.000$ ,  $Z = -1.612$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 4: ( $U(12,15) = 73.500$ ,  $Z = -0.930$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 5: ( $U(12,15) = 90.000$ ,  $Z = 0$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 7: ( $U(11,15) = 75.000$ ,  $Z = -1.168$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 8: ( $U(11,15) = 78.000$ ,  $Z = -0.273$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 9: ( $U(11,15) = 72.500$ ,  $Z = -0.615$ ,  $p > 0.05$ ), Δήλωση 10: ( $U(12,15) = 84.000$ ,  $Z = -0.350$ ,  $p > 0.05$ )), παρά μόνο στην περίπτωση της δήλωσης 6 ( $U(12,15) = 60.000$ ,  $Z = -2.174$ ,  $p < 0.05$  – Ομάδα Β: Mean Rank=16.50, Ομάδα Γ: Mean Rank= 12.00), όπου οι φοιτητές της δεύτερης ομάδας είχαν καλύτερη απόδοση.

Θέλοντας να μετρήσουμε τον βαθμό βελτίωσης της επίδοσης των συμμετεχόντων, υπολογίσαμε το score που συγκέντρωσε ο κάθε φοιτητής (1 βαθμός για κάθε ορθή απάντηση, 0 για κάθε λανθασμένη), τόσο στο προπειραματικό όσο και στο μεταπειραματικό δοκίμιο, με μεγαλύτερο δυνατό score το 10. Από τη στατιστική ανάλυση αυτών των δεδομένων φαίνεται ότι καμία από τις τρεις ομάδες δεν είχε στατιστικά σημαντική βελτίωση (Ομάδα Α:  $Z(13) = -0.432$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(12) = -1.200$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -0.522$ ,  $p > 0.05$ ), ίσως γιατί οι συμμετέχοντες συγκέντρωσαν από την πρώτη συμπλήρωση του έργου αξιολόγησης σχετικά υψηλό score.

## Έργο αξιολόγησης 1 / Ερώτημα Β

Στο δεύτερο μέρος του έργου αξιολόγησης, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αναφέρουν κάποιο κανόνα με βάση τον οποίο θα μπορούσε κάποιος να διαχωρίσει την παρατήρηση από την ερμηνεία. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 19, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων πριν τη διδακτική παρέμβαση, ήταν σε θέση να αναφερθεί σε κάποιο κανόνα, ο οποίος στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν ορθός (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=8, Ομάδα Β: N=7, Ομάδα Γ: N=7). Ο κανόνας στον οποίο έγινε η πιο συχνή αναφορά ήταν αυτός της «Εξήγησης», όπου σύμφωνα με τον οποίο η ερμηνεία διακρίνεται από την παρατήρηση λόγω του ότι περιλαμβάνει κάποια εξήγηση για ένα φαινόμενο, ενώ η παρατήρηση όχι. Δύο άλλοι ορθοί κανόνες διαχωρισμού στους οποίους αναφέρθηκαν οι φοιτητές ήταν αυτός της «Ορατότητας» (Υποκατηγορία 1B) και της «Βεβαιότητας» (Υποκατηγορία 1Γ). Κατά την ανάλυση των αρχικών απαντήσεων, εντοπίστηκαν κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι αναφέρονταν στην απάντησή τους σε μη έγκυρους κανόνες διαχωρισμού (Κατηγορία 2). Ένα σχετικό παράδειγμα είναι ο κανόνας του «Πειραματισμού», όπου σύμφωνα με τον οποίο για τη διεξαγωγή μιας παρατήρησης δεν απαιτείται η πραγματοποίηση κάποιου πειράματος, ενώ αντίθετα για τη διατύπωση μιας ερμηνείας, είναι απαραίτητος ο πειραματισμός. Επιπρόσθετα, σε αυτή την κατηγορία, παρατηρήθηκαν περιπτώσεις όπου οι φοιτητές απέδιδαν στις ερμηνείες χαρακτηριστικά που αντιστοιχούσαν στις παρατηρήσεις και το αντίστροφο. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του κανόνα «Υποκειμενικότητα» και «Βεβαιότητα», οι συμμετέχοντες θεωρούσαν ότι οι ερμηνείες είναι αντικειμενικές και βέβαιες, ενώ οι παρατηρήσεις υποκειμενικές και όχι απαραίτητα ορθές.

Στην κατηγορία 3, κατηγοριοποιήθηκαν οι φοιτητές που δεν ήταν σε θέση να αναφερθούν σε έναν κοινό κανόνα διαχωρισμού, αλλά επέλεξαν να αναφέρουν μια δήλωση διακριτή για την ερμηνεία και μια εντελώς διαφορετική για την παρατήρηση. Παρόλο που το περιεχόμενο των περισσότερων δηλώσεων ήταν ορθό, εντούτοις οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν σαν λανθασμένες, λόγω του ότι το έργο αξιολόγησης, ζητούσε από τους συμμετέχοντες να αναφερθούν σε ένα κοινό κανόνα διαχωρισμού της παρατήρησης από την ερμηνεία. Τέλος, στην κατηγορία 4, κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις οι οποίες περιείχαν δηλώσεις που αναφέρονταν μόνο για την παρατήρηση ή μόνο για την ερμηνεία. Η στατιστική ανάλυση των πιο πάνω κατηγοριών, εισηγήθηκε την απουσία στατιστικής διαφοράς στην επίδοση των φοιτητών των τριών ομάδων ( $\chi^2(2) = 0.682, p > 0.05$ ), όσο και των δύο πειραματικών ομάδων ( $U(12,15)=79.500, Z= -0.592, p > 0.05$ ).



Πίνακας 19. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 1 / ερώτημα Β\_φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Αναφορά σε ορθό κανόνα διαχωρισμού</b>		N=8	N=7	N=7
Α.Εξήγηση (Παρατήρηση: δεν υπάρχει εξήγηση/Ερμηνεία: Υπάρχει εξήγηση)	«Η παρατήρηση είναι απλά μια παρατήρηση, δηλαδή βλέπω κάτι, ξέρω ότι συμβαίνει αλλά δεν ξέρω / δικαιολογώ γιατί συμβαίνει αυτό το φαινόμενο. Η ερμηνεία περιλαμβάνει την παρατήρηση αλλά σε αυτή την περίπτωση, εξηγούμε γιατί παρατηρήθηκε το συγκεκριμένο φαινόμενο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	7	7	4
Β. Ορατό (Παρατήρηση: ορατό/Ερμηνεία: μη ορατό)	«Η παρατήρηση είναι όταν εμείς οι ίδιοι μπορούμε να δούμε κάτι και να βγάλουμε τα συμπεράσματα μας, όπως για παράδειγμα να κάνουμε ένα πείραμα. Η ερμηνεία είναι όταν γνωρίζουμε κάτι όμως δεν μπορούμε να το παρατηρήσουμε με τα μάτια μας. Δηλαδή η διαφορά τους είναι ότι στην παρατήρηση μπορούμε να δούμε ενώ στην ερμηνεία όχι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	1	-	2
Γ.Βεβαιότητα (Παρατήρηση: αποδεδειγμένη/Ερμηνεία: μη αποδεδειγμένη)	«Για να έχουμε παρατήρηση πρέπει να υπάρχουν ... κάποιες μελέτες που να στηρίζουν την πρόταση μας. Ερμηνεία μπορεί να είναι μια άποψη που μπορεί να έχει ο καθένας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>2. Αναφορά σε λανθασμένο κανόνα διαχωρισμού</b>		N=1	N=4	N=2
Α.Πειραματισμός (Παρατήρηση: βλέπω κάτι χωρίς να κάνω πείραμα / Ερμηνεία: με κάποια πειράματα καταλήγω σε συμπεράσματα)	«Παρατήρηση: Βλέπω κάτι από χωρίς να προβώ σε κάποιους πειραματισμούς. Ερμηνεία: Βάση πειραμάτων προκύπτουν κάποια συμπεράσματα» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	1	-	-
Β.Υποκειμενικότητα (Παρατήρηση: υποκειμενική / Ερμηνεία: αντικειμενική)	«Η παρατήρηση είναι πιο πολύ αντικειμενική είναι κάτι το ειδικό που προσδιορίζει ο καθένας ενώ η ερμηνεία είναι κάτι το γενικότερο που είναι γνωστό ή και αποδεκτό από όλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-
Γ.Χρήση οργάνων (Παρατήρηση: Δεν χρειάζεται κάποια γνώση ή κάποιο όργανο / Ερμηνεία: χρήση γνώσεων και οργάνων)	«Παρατήρηση είναι κάτι το οποίο μπορείς να παρατηρήσεις χωρίς την χρήση κάποιας γνώσης ή χρήση κάποιου οργάνου ενώ ερμηνεία με την παράλληλη χρήση γνώσεων και οργάνων.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-
Δ. Σωστή εξήγηση (Παρατήρηση: εξηγούμε χωρίς να ξέρουμε αν είναι σωστό / Ερμηνεία: εξηγούμε κάτι με σωστά επιχειρήματα)	«Ερμηνεία είναι όταν εξηγούμε ένα φαινόμενο ή το δικαιολογούμε με σωστά επιχειρήματα ενώ παρατήρηση όταν εξηγούμε κάτι με βάση το τι βλέπουμε χωρίς να είμαστε βέβαιοι για το πώς προκλήθηκε.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	1	1

E.Βεβαιότητα (Παρατήρηση: όχι απαραίτητα σωστό / Ερμηνεία: επιστημονικά αποδεδειγμένη)	«Η παρατήρηση ίσως να μπορούσε να θεωρηθεί τα συμπεράσματα που κάνουμε μετά από ένα πείραμα κοκ τα οποία δεν πρέπει να είναι απαραίτητα ορθά. Η ερμηνεία είναι επιστημονικά αποδεδειγμένη έννοια που ισχύει.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1	-
Z.Πολυπλοκότητα (Παρατήρηση: είναι απλό για να αποδειχθεί / Ερμηνεία: είναι σύνθετο για να αποδειχθεί)	«Θεωρώ ότι η παρατήρηση .. είναι πιο λογικά... Η ερμηνεία ... είναι κάτι πιο σύνθετο που δεν μπορεί να αποδειχθεί τόσο απλά ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	1
<b>3. Μη αναφορά σε κανόνα διαχωρισμού</b>	«Η ερμηνεία πιθανόν να αποτελεί ένα γεγονός πιο σίγουρο και αποδεδειγμένο σε σχέση με την παρατήρηση που μπορεί να είναι μια απλή πρόβλεψη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	N=3	N=1	N=4
<b>4. Αναφορά σε δήλωση μόνο για παρατήρηση ή ερμηνεία</b>	«Παρατηρώντας τα πιο πάνω βλέπουμε πως οι προτάσεις της ερμηνείας αποτελούν μια σχέση δράσης - αντίδρασης. Δηλαδή εάν κάνουμε μια ενέργεια θα έχουμε ως αποτέλεσμα της μια άλλη ενέργεια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	-	-
<b>5. Άσχετη απάντηση</b>	«Για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός παρατήρησης και ερμηνείας θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα πείραμα στο οποίο καταλήγουμε σε συμπεράσματα και παρατηρήσεις και κατ' επέκταση στην ερμηνεία και αποσαφήνιση των αποτελεσμάτων του.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, ο αριθμός των φοιτητών που ανέφεραν στην απάντηση τους τουλάχιστον έναν ορθό κανόνα διαχωρισμού της παρατήρησης και της ερμηνείας αυξήθηκε σημαντικά (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=10, Ομάδα Β: N=12, Ομάδα Γ: N=13) (Πίνακας 20). Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τελικών απαντήσεων συνυπήρχαν περισσότεροι από ένας κανόνες διαχωρισμού, ένδειξη που φανερώνει σε κάποιο βαθμό τη βελτίωση στην κατανόηση των φοιτητών σχετικά με τη συγκεκριμένη πτυχή της Φύσης της Επιστήμης. Και σε αυτή την περίπτωση όπως και στο προπαρατηρητικό δοκίμιο, ο κανόνας με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ήταν αυτός της «Εξήγησης» (Υποκατηγορία 1Α). Μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού, εμφανίστηκαν καινούριοι κανόνες διαχωρισμού, ειδικότερα στην περίπτωση των δύο πειραματικών ομάδων, όπως ο «Μηχανισμός που χρησιμοποιούμε» και η «Αντικειμενικότητα». Το γεγονός αυτό υποδηλώνει τη βελτίωση στην κατανόηση των φοιτητών της Ομάδας Β και Γ, όσον αφορά στη διάκριση της παρατήρησης και της ερμηνείας, μετά τη διδακτική παρέμβαση, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων (Ομάδα Α:  $Z(13) = -1.000$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(12) = -2.598$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.722$ ,  $p < 0.05$ ). Η επίδοση των συμμετεχόντων της ομάδας

ελέγχου φαίνεται ότι διέφερε στατιστικά σημαντικά, από την αντίστοιχη των φοιτητών των πειραματικών ομάδων ( $\chi^2(2) = 9.592, p < 0.05$  – Ομάδα Α: Mean Rank=13, Ομάδα Β: Mean Rank= 24.25, Ομάδα Γ: Mean Rank=24), ενώ δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες ( $U(12,15)=87.000, Z=-0.159, p>0.05$ ). Ένα στοιχείο που αποδεικνύει ότι οι συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου δεν είχαν βελτίωση όσον αφορά στην κατανόηση της διάκρισης ανάμεσα στην παρατήρηση και ερμηνεία, είναι το ακόλουθο, όπου φαίνεται ότι μια φοιτήτρια, μετά τη διδακτική παρέμβαση εξακολουθούσε να αναφέρεται σε λανθασμένους κανόνες διαχωρισμού:

**Ερευνητής:** *Ωραία. Σε αυτό το έργο αξιολόγησης, είχατε κάποιες δηλώσεις τις οποίες έπρεπε να τις χωρίσετε ανάλογα με το αν ήταν παρατήρηση, ερμηνεία ή κανένα από τα δύο. Θέλω να μου πεις εσύ ποιο κανόνα χρησιμοποίησες για να διαχωρίσεις τα δύο;*

**Φοιτήτρια:** *Ερμηνεία και παρατήρηση;*

**Ερευνητής:** *Ναι*

**Φοιτήτρια:** *Νομίζω η ερμηνεία είναι το επειδή ή το εξαιτίας του; έτσι λέξεις κλειδιά.*

**Ερευνητής:** *Ενώ η παρατήρηση;*

**Φοιτήτρια:** *Είναι απλά γεγονότα που αναφέρει, δηλαδή δεν θυμάμαι συγκεκριμένα αλλά είναι πολύ κτυπητό, αν έχει υπόψη του το κανόνα ότι ερμηνεύει κάτι η ερμηνεία ότι εξηγεί κάτι είναι ξεκάθαρο.*

**Ερευνητής:** *Ωραία. Θα σου διαβάσω τώρα τρεις δηλώσεις και θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι είναι παρατήρηση, ερμηνεία ή κανένα από τα δύο. Η πρώτη είναι «Ένας λαμπτήρας που συνδέεται σε ένα κλειστό κύκλωμα ανάβει επειδή περνά από αυτόν ηλεκτρικό ρεύμα».*

**Φοιτήτρια:** *Ερμηνεία.*

**Ερευνητής:** *Γιατί θεωρείς ότι είναι ερμηνεία;*

**Φοιτήτρια:** *Γιατί εξηγεί το λόγο.*

**Ερευνητής:** *Οκ. Η δεύτερη είναι «Το παγωμένο νερό που υπήρχε στο ποτήρι ζεστάθηκε επειδή το αφήσαμε αρκετή ώρα έξω στο περιβάλλον μια καλοκαιρινή μέρα.»*

**Φοιτήτρια:** *Επίσης ερμηνεία. Έχει το επειδή...*

**Ερευνητής:** *Και το τρίτο είναι «Η βιομηχανική περιοχή Λατσιών θεωρείται η πιο κατάλληλη περιοχή για το κτίσιμο ενός εργοστασίου αφαλάτωσης.»*

**Φοιτήτρια:** *Παρατήρηση καθαρά.*

**Ερευνητής:** *Αν ένας μαθητής υποστηρίζει ότι ο δικός του κανόνας για να διαχωρίσει την παρατήρηση και την ερμηνεία είναι ότι όταν βλέπει σε μια πρόταση αιτιολογικούς συνδέσμους όπως το επειδή και το λόγω, τότε ξέρει ότι εκείνη πρόταση είναι ερμηνεία. Συμφωνείς με αυτό το κανόνα;*

**Φοιτήτρια:** *Ε ναι σε γενικές γραμμές συμφωνώ ναι.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Α)

Στο πιο πάνω απόσπασμα, φαίνεται ότι η συγκεκριμένη φοιτήτρια θεωρούσε ότι στην περίπτωση των ερμηνειών υπάρχουν συγκεκριμένοι αιτιολογικοί σύνδεσμοι όπως το γιατί και το επειδή, και με βάση αυτό τον κανόνα διαχώρισε και τα τρία παράδειγμα που της παρουσιάστηκαν. Το παράδειγμα αυτό ενισχύει το επιχείρημα, ότι η κατανόηση για τη διάκριση της παρατήρησης – ερμηνείας και κατ' επέκταση, για τη Φύση της Επιστήμης, δεν προκύπτει αυθόρμητα.

Πίνακας 20. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 1 / ερώτημα Β\_φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β	Μ.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Αναφορά σε ορθό κανόνα διαχωρισμού</b>		N=10	N=12	N=13
Α.Εξήγηση (Παρατήρηση: δεν υπάρχει εξήγηση/ Ερμηνεία: Υπάρχει εξήγηση)	«Η παρατήρηση είναι απλά κάτι που παρατηρούμε ή βλέπουμε χωρίς να έχει κάποιο συμπέρασμα, η ερμηνεία είναι μια παρατήρηση αλλά η οποία εξηγεί και το λόγο που έγινε το γεγονός που παρατηρείται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=7	F=5	F=7
Β.Μηχανισμός που χρησιμοποιούμε (Παρατήρηση: αισθήσεις / Ερμηνεία: λογική, γνώσεις και δημιουργικότητα)	«Για τη παρατήρηση χρησιμοποιούμε τις αισθήσεις μας ενώ για την ερμηνεία χρησιμοποιούμε τις παρατηρήσεις, τις γνώσεις και τη δημιουργικότητα μας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=4	F=10
Γ.Αντικειμενικότητα (Παρατήρηση: Αντικειμενική / Ερμηνεία: Υποκειμενική)	«Η παρατήρηση είναι κάτι που βλέπουν όλοι. Όλοι βλέπουν το ίδιο πράγμα άρα η περιγραφή που θα δώσουν είναι η ίδια. Όμως ο καθένας μπορεί να ερμηνεύσει αυτή τη παρατήρηση διαφορετικά, με τη δική του γνώμη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=6	F=5
Δ.Ορατό (Παρατήρηση: είναι κάτι ορατό / Ερμηνεία: δεν είναι ορατό οπτικά)	«Η παρατήρηση είναι αυτό που βλέπουμε .. Ενώ η ερμηνεία είναι μια επινόηση που δεν βλέπουμε ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2	F=1
Ε.Βεβαιότητα (Παρατήρηση: αποδεδειγμένο / Ερμηνεία: μη αποδεδειγμένο)	«Η παρατήρηση είναι κάτι πιο σίγουρο από την ερμηνεία, στην παρατήρηση υπάρχουν αποδείξεις και αποτελέσματα. Η ερμηνεία είναι περισσότερο κάτι υποθετικό που δεν υπάρχουν σίγουρες αποδείξεις...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Ζ.Ορθότητα (Παρατήρηση: είναι γενικά αποδεκτή / Ερμηνεία: μπορεί να	«Η παρατήρηση είναι .. γενικά αποδεκτή. Η ερμηνεία ... υπάρχουν σωστές και λάθος ερμηνείες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-

υπάρξουν και λανθασμένες ερμηνείες)				
<b>2. Αναφορά σε λανθασμένο κανόνα διαχωρισμού</b>		N=2	-	-
A.Πειραματισμός: (Παρατήρηση: βλέπω κάτι χωρίς να κάνω πείραμα / Ερμηνεία: με κάποια πειράματα καταλήγω σε συμπεράσματα)	«Η παρατήρηση ορίζεται .. ως κάτι που μπορούμε να δούμε με μια πρώτη ματιά χωρίς να χρειαστεί να κάνουμε οποιοδήποτε πείραμα ... Αντίθετα ερμηνεία γίνεται για μια κατάσταση πάνω στην οποία μελετήσαμε ή πειραματιστήκαμε ...» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	-	-
<b>3. Μη αναφορά σε κανόνα διαχωρισμού</b>	«Παρατήρηση είναι κάτι που μπορώ να το δω οποιαδήποτε στιγμή της ώρας δηλαδή να το παρατηρήσω. Ερμηνεία είναι κάποια σύμβαση που υπάρχει ώστε να ισχύει κάτι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	N=1	-	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

## Έργο αξιολόγησης 2

Μέσα από τη συμπλήρωση του δεύτερου έργου αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, επιδιώχθηκε η διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών για το πώς προκύπτουν οι επιστημονικές θεωρίες. Σε ένα πρώτο επίπεδο, όσον αφορά στη γενική τοποθέτηση των συμμετεχόντων, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 21, πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι φοιτητές θεωρούσαν ότι οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται (Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Β: N=7, Ομάδα Γ: N=8). Επιπλέον, αρκετοί δήλωσαν πως οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται και επινοούνται (Ομάδα Α: N=4, Ομάδα Β: N=4, Ομάδα Γ: N=4), ενώ μόνο έξι συνολικά φοιτητές υποστήριξαν την επινόηση των θεωριών (Ομάδα Α: N=3, Ομάδα Β: N=1, Ομάδα Γ: N=2). Από τη στατιστική ανάλυση των γενικών τοποθετήσεων των φοιτητών, φάνηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 0.874$ ,  $p > 0.05$ ), ούτε ανάμεσα στις δύο πειραματικές ( $U(12,15)=89.500$ ,  $Z=-0.028$ ,  $p>0.05$ ).

Κατά την πιο λεπτομερή ανάλυση των απαντήσεων, κωδικοποιήθηκαν οι επιμέρους δηλώσεις που παρουσιάζονταν σε αυτές, με αποτέλεσμα ένας φοιτητής να είναι πιθανό να κατηγοριοποιήθηκε σε περισσότερες από μια υποκατηγορίες, της γενικής τοποθέτησης που πήρε. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων που υποστήριξε την ανακάλυψη των επιστημονικών θεωριών, κατά την επεξήγηση του συλλογισμού τους, περιέγραψαν ότι αντιλαμβάνονταν την διατύπωση των επιστημονικών θεωριών σαν μια καθαρά εμπειρική διαδικασία, και ότι οι επιστήμονες μέσα από προσεκτική παρατήρηση καταλήγουν στη διατύπωση των θεωριών (Υποκατηγορία 3Α). Η συγκεκριμένη δήλωση φανερώνει μια βασική δυσκολία, αφού οι εν

λόγω φοιτητές φαίνεται ότι αγνοούσαν τον θεωρητικό χαρακτήρα της επιστήμης. Επιπλέον, κάποιοι συμμετέχοντες υποστήριξαν στην απάντησή τους ότι οι επιστημονικές θεωρίες υπήρχαν πάντα στον κόσμο και ότι ήταν θέμα χρόνου να τις ανακαλύψουν οι επιστήμονες (Υποκατηγορία 3B). Μέσα από την ανάλυση αυτών των απαντήσεων, διαπιστώθηκε ότι στην προκειμένη περίπτωση η έννοια των επιστημονικών θεωριών συγγεόταν με την έννοια των φυσικών φαινομένων, με αποτέλεσμα οι φοιτητές να μην είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται τη μεταξύ τους διαφορά. Η πιο χαρακτηριστική απάντηση που προδίδει την υλιστική φύση που απέδωσαν οι φοιτητές στην επιστημονική θεωρία είναι η περίπτωση μιας φοιτήτριας, η οποία υποστήριξε κατά τη συμπλήρωση του προπαραπειραματικού δοκιμίου ότι οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται, αφού ήταν γραμμένες πάνω σε πλάκες, τις οποίες εντόπισαν οι επιστήμονες (Υποκατηγορία 3Γ). Όλες οι πιο πάνω απαντήσεις, με αποκορύφωμα την τελευταία, μαρτυρούν το ότι οι συμμετέχοντες της έρευνας δεν γνώριζαν τον επινοημένο χαρακτήρα της επιστήμης, και κατ' επέκταση των επιστημονικών θεωριών.

Κάποιοι άλλοι φοιτητές, επέλεξαν να πάρουν μια ενδιάμεση θέση ως προς τον τρόπο δημιουργίας των επιστημονικών θεωριών, υποστηρίζοντας ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν και επινοούν επιστημονικές θεωρίες, με την πλειοψηφία από αυτούς να δηλώνει ότι κάποιες θεωρίες υπήρχαν ανέκαθεν στον κόσμο και αυτές ανακαλύπτονται, ενώ κάποιες άλλες δεν υπήρχαν και οι επιστήμονες τις επινοούν (Υποκατηγορία 4A). Επίσης, δύο φοιτητές ανέφεραν στις απαντήσεις τους ότι οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται, αλλά οι επιστήμονες επινοούν περαιτέρω εξηγήσεις για να τις κάνουν πιο κατανοητές και έγκυρες (Υποκατηγορία 4B). Τέλος, μια φοιτήτρια υποστήριξε ότι οι θεωρίες ανακαλύπτονται και οι επιστήμονες απλά επινοούν κάποιες ονομασίες για αυτές (Υποκατηγορία 4Γ). Αρκετοί από τους φοιτητές που υποστήριξαν είτε την ανακάλυψη των θεωριών είτε την ανακάλυψη και την επινόηση τους, παρόλο που κατανοούσαν ότι ο ρόλος των επιστημονικών θεωριών είναι η επεξήγηση των φαινομένων, εντούτοις δυσκολεύονταν να αναγνωρίσουν τον θεωρητικό τους χαρακτήρα.

Όσον αφορά στους φοιτητές που τοποθετήθηκαν υπέρ της επινόησης των επιστημονικών θεωριών, εντοπίστηκαν δύο τρόποι με τους οποίους μπορούσαν να το εκφράσουν, είτε υποστηρίζοντας ρητά την επινόηση, είτε απορρίπτοντας το ενδεχόμενο της ανακάλυψης. Πέντε φοιτητές επέλεξαν τον πρώτο τρόπο (Κατηγορία 1), με δύο από αυτούς να δηλώνουν ότι η επεξήγηση των φαινομένων είναι επινοημένη (Υποκατηγορία 1A και 1B) και με άλλους δύο να αναφέρουν ότι οι θεωρίες πρέπει να είναι συμβατές με τα δεδομένα και τις παρατηρήσεις των επιστημόνων (Υποκατηγορία 1Δ). Κατά την ανάλυση των απαντήσεων, εντοπίστηκαν τρεις δηλώσεις που απέρριπταν την ανακάλυψη των επιστημονικών θεωριών. Σύμφωνα με αυτές, οι φοιτητές αναγνώριζαν ότι οι θεωρίες δεν

είναι υπαρκτές (Υποκατηγορία 2Α), ότι είναι πιθανόν να τροποποιηθούν στο μέλλον (Υποκατηγορία 2Β) και ότι είναι υποκειμενικές (Υποκατηγορία 2Γ).

Σαν άσχετες κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις, στις οποίες γινόταν άμεσα αντιληπτό ότι οι συμμετέχοντες της έρευνας δεν κατανοούσαν το τι είναι οι επιστημονικές θεωρίες, με αποτέλεσμα να απαντούν στο ερώτημα του έργου αξιολόγησης, αναφερόμενοι στα αρχαία αντικείμενα και τα τραγούδια (στα οποία γινόταν αναφορά στον πρόλογο του έργου αξιολόγησης, σαν παραδείγματα ανακάλυψης και επινόησης αντίστοιχα).

Πίνακας 21. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαραδοτικό δοκίμιο 2 - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>Υποστήριξη επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		N=3	N=1	N=2
<b>1. Υποστήριξη επινόησης</b>				
Α. Ταύτιση ανακάλυψης με τα φαινόμενα και επινόησης με τις θεωρίες που τα εξηγούν	«Οι επιστήμονες σύμφωνα με αυτά που ανακαλύπτουν και μελετούν, επινοούν τις επιστημονικές τους θεωρίες σύμφωνα όμως με αυτά που έχουν μπροστά τους..» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Β. Επινοούν θεωρίες για να εξηγήσουν γιατί συμβαίνουν τα διάφορα φαινόμενα	«Οι επιστήμονες μέσα από έρευνες, μελέτες που κάνουν βγάζουν μέσα από τα στοιχεία ένα συμπέρασμα.. Μέσα από αυτό το συμπέρασμα θα διατυπωθεί μια ερμηνεία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
Γ. Επινοούν τις θεωρίες - χωρίς περεταίρω εξήγηση	«Αρμοδιότητα των επιστημόνων είναι να επινοούν ορισμένες θεωρίες...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Δ. Επινοούν θεωρίες που βασίζονται στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους	«Πιστεύω πως οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες. Τα διάφορα φαινόμενα που παρατηρούν τους οδηγούν στο να επινοήσουν κάποιες θεωρίες ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	-	-
<b>2. Απόρριψη ανακάλυψης</b>				
Α. Οι επιστημονικές θεωρίες δεν υπάρχουν από πριν κάπου στη φύση.	«...Οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες... Δεν υπήρχαν στον κόσμο οι θεωρίες...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Β. Οι επιστημονικές θεωρίες δύνανται να τροποποιούνται και να απορρίπτονται, άρα, δεν μπορούν να ανακαλύπτονται.	«Οι θεωρίες μερικές φορές είναι λανθασμένες, επομένως δεν τις ανακαλύπτουμε. Αν κάτι υπήρχε πάντα και απλά το βρήκαμε τότε θα ήταν πάντοτε σωστό και κανείς δεν θα μπορούσε να το αμφισβητήσει. Οι θεωρίες όμως με νέες έρευνες και πειράματα μπορούν να αλλάξουν και να καταλήξουμε σε άλλες θεωρίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=1	-	F=1

Γ. Ο κάθε επιστήμονες μπορεί να έχει διαφορετική θεωρία	«Οι επιστήμονες μέσα από πειράματα ή εξερευνήσεις καινούριων πραγμάτων επινοούν επιστημονικές θεωρίες έτσι ώστε ο κάθε επιστήμονας να έχει τη δική του θεωρία χρησιμοποιώντας την ικανότητα και τις δεξιότητες του.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης επιστημονικών θεωριών</b>		N=5	N=7	N=8
<b>3. Υποστήριξη ανακάλυψης</b>				
A. Η επιστήμη είναι μια καθαρά εμπειρική διαδικασία. Οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται μέσα από προσεκτική παρατήρηση	«Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν κάποιες θεωρίες που ήδη υπάρχουν στον κόσμο (π.χ. νόμος της βαρύτητας κτλ). Με την παρατήρηση και τον πειραματισμό καταφέρνουν να φτάσουν στη σωστή επιστημονική θεωρία, που θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε καλύτερα τη λειτουργία του κόσμου.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=4	F=3
B. Ο φυσικός κόσμος λειτουργεί με ένα σταθερό τρόπο ανεξάρτητα από την επιστήμη. Οι επιστήμονες απλώς ανακαλύπτουν αυτό τον τρόπο	«Πιστεύω πως είναι το Α, αφού οι θεωρίες αυτές υπήρχαν ανέκαθεν στον κόσμο. Όπως για παράδειγμα διάφοροι νόμοι της φύσης. Υπήρχαν από τη δημιουργία του κόσμου απλά δεν είχαν ανακαλυφθεί έτσι ώστε να θεωρούνται επιστημονικές θεωρίες. Υπήρχαν μόνο σαν φυσικά φαινόμενα (νόμος βαρύτητας).» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	F=3	F=4
Γ. Οι επιστημονικές θεωρίες ήταν γραμμένες σε πλάκες	«Θεωρώ ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν τις επιστημονικές θεωρίες οι οποίες πολύ πιθανόν να ήταν γραμμένες σε πλάκες που βρίσκονταν σε αρχαιολογικούς χώρους. Τα αρχαία αντικείμενα για παράδειγμα υποδηλώνουν πολλά όσον αφορά χρονολογίες και θεωρίες της εποχής αλλά λόγω του χρόνου που είχε περάσει δεν είχαν ανακαλυφθεί προηγουμένως. Οι επιστήμονες στηρίζουν πάντα τη πηγή των θεωριών τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης και επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		N=4	N=4	N=4
<b>4. Υποστήριξη ανακάλυψης και επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>				
A. Οι επιστημονικές θεωρίες κάποτε υπάρχουν και τις ανακαλύπτουν οι επιστήμονες αλλά κάποτε δεν υπάρχουν και οι επιστήμονες τις επινοούν.	«Επέλεξα το Γ γιατί πιστεύω πως κάποιες επιστημονικές θεωρίες προϋπήρχαν από παλιότερα χρόνια απλά οι επιστήμονες μπορεί να ανακαλύπτουν κάποιες από αυτές στα μετέπειτα χρόνια. Παράλληλα όμως με βάση τη σύγχρονη εποχή που ζούμε, οι επιστήμονες έχουν επινοήσει κι άλλες θεωρίες εξαιτίας των σύγχρονων μέσων που τους παρέχονται, τα οποία μέσα δεν υπήρχαν τα παλιότερα χρόνια έτσι ώστε οι επιστήμονες προηγούμενων εποχών αν είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=4	F=2	F=3
B. Οι θεωρίες ανακαλύπτονται αλλά οι επιστήμονες με την επινόηση τους της κάνουν πιο κατανοητές/ έγκυρες	«Πιστεύω πως οι επιστήμονες και ανακαλύπτουν και επινοούν. Αυτό γίνεται γιατί αρχικά ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες ενώ στη συνέχεια τις επινοούν έτσι ώστε να τις πιστοποιήσουν και να καθιερωθεί μια νέα θεωρία με τη βοήθεια της ανακάλυψης.»	-	F=2	-



	<b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>			
Γ. Ανακαλύπτουν τα φαινόμενα και επινοούν τις ονομασίες.	«Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες αλλά κάποτε τις επινοούν. ... Επίσης τα καιρικά φαινόμενα πάντα υπήρχαν απλά οι επιστήμονες επινοούν κάποιες ονομασίες αυτών.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
<b>5. Άσχετη απάντηση</b>	«Πιστεύω πως πολλά από τα ευρήματα των αρχαιολόγων μας δίνουν σαφείς απαντήσεις και θεωρίες για το παρελθόν. Σε αντίθεση όμως με κάποια άλλα ευρήματα που οι αρχαιολόγοι πρέπει να βρουν από μόνοι τους τις απαντήσεις και να επινοήσουν διάφορες θεωρίες έτσι ώστε να ανακαλύψουν την αρχαιότητα και όλα όσα θέλουν να μας δείξουν τα ευρήματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	N=1	-	N=1
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Κατά τη δεύτερη χορήγηση του έργου αξιολόγησης, παρατηρήθηκε ότι 14 φοιτητές υποστήριζαν την επινόηση των επιστημονικών θεωριών, 14 πήραν μια ενδιάμεση τοποθέτηση και 8 τοποθετήθηκαν υπέρ της ανακάλυψης (Πίνακας 22). Μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων που τοποθετήθηκαν γενικά υπέρ της επινόησης των επιστημονικών θεωριών, παρατηρήθηκε αύξηση στον βαθμό συχνότητας των επιμέρους δηλώσεων που υποστήριζαν ρητά την επινόηση (Κατηγορία 1). Αρκετοί φοιτητές των πειραματικών ομάδων αναφέρθηκαν στον επινοημένο επεξηγηματικό ρόλο των επιστημονικών θεωριών (Υποκατηγορία 1Α) και στην ανάγκη για συμβατότητα με τα εμπειρικά δεδομένα (Υποκατηγορία 1Γ). Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις συμμετέχοντες της 2<sup>ης</sup> και της 3<sup>ης</sup> ομάδας αναφέρθηκαν στην μη υλιστική (Υποκατηγορία 2Α) και αβέβαιη φύση των θεωριών (Υποκατηγορία 2Γ), κατά την απόρριψη του ενδεχομένου της ανακάλυψής τους. Η πλειοψηφία των φοιτητών που εξακολουθούσαν να πιστεύουν ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν τις θεωρίες, υποστήριξε ότι η διατύπωση των θεωριών προκύπτει μέσα από μια εμπειρική διαδικασία (Υποκατηγορία 3Β). Το ακόλουθο απόσπασμα φανερώνει την αδυναμία των φοιτητών, κυρίως της ομάδας ελέγχου, οι οποίοι δεν διδάχθηκαν στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης, να κατανοήσουν τον ρόλο της δημιουργικότητας των επιστημόνων, κατά τη διατύπωση των επιστημονικών θεωριών.

**Ερευνητής:** *Άρα γιατί θεωρείς ότι η θεωρία στο τέλος δεν μπορεί να αποτελεί μια επινόηση; Μπορεί να είναι κάτι που δημιουργούν οι επιστήμονες μια θεωρία, δεν είναι κάτι που το ανακαλύπτουν είναι κάτι που το επινοούν οι ίδιοι, που το φαντάζονται οι ίδιοι.*

**Φοιτήτρια:** *Ε αν είναι έτσι σημαίνει ότι δεν είναι απόλυτα σωστοί ας πούμε, ότι μπορεί κάποιος άλλος να τους πεις ας πούμε ξέρετε δεν είσαστε σωστοί για αυτό και αυτό το λόγο. Δεν είναι κάτι το οποίο έχει γερά θεμέλια. Σημαίνει ότι ο καθένας μπορεί να θεωρηθεί επιστήμονας όταν επινοεί και λέει ότι είναι θεωρία αυτό το πράγμα.*

**Ερευνητής:** *Θεωρείς ότι γενικά οι επιστήμονες... ότι υπάρχει γενικά επινόηση στην επιστήμη;*

**Φοιτήτρια:** *Ναι.*

**Ερευνητής:** *Σε ποιο βαθμό; άρα τι δικαιούνται να επινοούν οι επιστήμονες;*

**Φοιτήτρια:** *Να επινοούν στην αρχή αλλά μετά να υπάρχει μια διαδικασία έτσι ώστε να το αποδεικνύουν εκείνο το πράγμα, αν δεν υπάρχει σημαίνει ότι δεν είναι σωστό.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Α)

Τέλος, όσοι επέλεξαν την τρίτη επιλογή που παρουσιαζόταν στο έργο αξιολόγησης, την ανακάλυψη και την επινόηση των επιστημονικών θεωριών, ανέφεραν στις απαντήσεις τους ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν όσες θεωρίες υπάρχουν και επινοούν άλλες (Υποκατηγορία 4Α), χωρίς να παρουσιάζουν κάποια ουσιαστική δυσκολία, γεγονός που ενισχύει την πεποίθηση ότι ίσως να επέλεγαν αυτή την απάντηση για να μην αναγκαστούν να πάρουν μια πιο ξεκάθαρη τοποθέτηση υπέρ της επινόησης ή της ανακάλυψης. Σύμφωνα με μια καινούρια επιμέρους δήλωση που εντοπίστηκε σε αυτή την κατηγορία, όταν οι επιστήμονες έχουν επαρκή εμπειρικά δεδομένα, ανακαλύπτουν θεωρίες ενώ όταν έχουν ελλιπή δεδομένα επινοούν θεωρίες (Υποκατηγορία 4Ε). Επιπρόσθετα, κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων εντοπίστηκαν τέσσερις περιπτώσεις φοιτητών, που εξακολουθούσαν ακόμα και μετά τη διδακτική παρέμβαση να μην κατανοούν το τι είναι η επιστημονική θεωρία και για αυτό κατηγοριοποιήθηκαν σαν άσχετες απαντήσεις.

Από τις απαντήσεις που περιγράφηκαν πιο πάνω, φάνηκε ότι οι συμμετέχοντες των δύο πειραματικών ομάδων βελτίωσαν στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις τους για τον τρόπο δημιουργίας των επιστημονικών θεωριών (Ομάδα Β:  $Z(12) = -2.008$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.041$ ,  $p < 0.05$ ) σε αντίθεση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου ( $Z(13) = -0.520$ ,  $p > 0.05$ ), παρόλο που δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2) = 5.429$ ,  $p > 0.05$ ). Επιπρόσθετα, μέσα από τη σύγκριση των τελικών απαντήσεων των δύο πειραματικών ομάδων δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα τους ( $U(12,15) = 88.000$ ,  $Z = -0.105$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 22. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>Υποστήριξη επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		N=2	N=5	N=7
<b>1. Υποστήριξη επινόησης</b>				
A. Επινοούν θεωρίες για να εξηγήσουν γιατί συμβαίνουν τα διάφορα φαινόμενα	«Οι επιστήμονες .. χρησιμοποιούν και τη δημιουργικότητα τους για να επεξηγήσουν και να ερμηνεύσουν τα διάφορα φαινόμενα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=3	F=4
B. Επινοούν τις θεωρίες - χωρίς περεταίρω εξήγηση	«...Πολλές φορές για να διατυπώσει μια θεωρία ο επιστήμονας χρησιμοποιεί τη δημιουργικότητα και τη φαντασία του...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1	-
Γ. Επινοούν θεωρίες που βασίζονται στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους	«Πιστεύω πως οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες, θεωρίες που προέρχονται από τη δημιουργικότητα. Ερμηνεύουν ένα φαινόμενο αλλά η ερμηνεία τους συμπίπτει με τις παρατηρήσεις τους. Δηλαδή να χρησιμοποιούν την δημιουργικότητα, την φαντασία τους αλλά με βάση των παρατηρήσεων τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=4	F=5
<b>2. Απόρριψη ανακάλυψης</b>				
A. Οι επιστημονικές θεωρίες δεν υπάρχουν από πριν κάπου στη φύση.	«Πιστεύω ότι οι επιστημονικές θεωρίες δεν υπήρχαν από παλιά και απλά είναι θέμα χρόνου να τις ανακαλύψουν οι επιστήμονες...» <b>Φοιτητής, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=3
B. Τα φυσικά φαινόμενα υπήρχαν, αλλά οι εξηγήσεις τους όχι, επινοούνται.	«...Τα φαινόμενα (π.χ. βαρύτητα) υπήρχαν πάντα, όμως έπρεπε αρχικά κάποιος να τα παρατηρήσει και τελικά με τη φαντασία και τη λογική να επινοήσει μια θεωρία η οποία να εξηγεί την παρατήρηση...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
Γ. Οι επιστημονικές θεωρίες δύνανται να τροποποιούνται και να απορρίπτονται, άρα, δεν μπορούν να ανακαλύπτονται.	«...Αν οι επιστημονικές θεωρίες υπήρχαν και απλά έπρεπε να ανακαλυφθούν τότε δεν θα υπήρχαν περιπτώσεις όπου μια θεωρία καταργείται και ισχύει μια καινούρια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=4
Δ. Ο κάθε επιστήμονες μπορεί να έχει διαφορετική θεωρία	«... Οι επιστήμονες βασίζονται στις γνώσεις τους, τη δημιουργικότητα τους και τις εμπειρίες τους για να εξηγήσουν επινοώντας θεωρίες αυτό που παρατηρούν όλοι. Οι θεωρίες δεν υπάρχουν για να ανακαλυφθούν αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι .. οι θεωρίες των επιστημόνων διαφέρουν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης επιστημονικών θεωριών</b>		N=6	N=1	N=1
<b>3. Υποστήριξη ανακάλυψης</b>				

A. Ο φυσικός κόσμος λειτουργεί με ένα σταθερό τρόπο ανεξάρτητα από την επιστήμη. Οι επιστήμονες απλώς ανακαλύπτουν αυτό τον τρόπο	«Η φύση έχει κάποιους κανονισμούς ή κάποιες αντιδράσεις στις δράσεις των επιστημόνων. Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν κάτι που ήδη προϋπήρχε...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	-	F=1
B. Η επιστήμη είναι μια καθαρά εμπειρική διαδικασία. Οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται μέσα από προσεκτική παρατήρηση	«...Έτσι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν τις επιστημονικές θεωρίες. Συνεπώς οι επιστήμονες καταπιάνονται κάτι στο οποίο θέλουν να παρατηρήσουν και φτιάχνουν ένα μοντέλο και παρατηρώντας το καταλήγουν στις επιστημονικές τους θεωρίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=4	F=1	-
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης και επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		N=4	N=5	N=5
<b>4. Υποστήριξη ανακάλυψης και επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>				
A. Οι επιστημονικές θεωρίες κάποτε υπάρχουν και τις ανακαλύπτουν οι επιστήμονες αλλά κάποτε δεν υπάρχουν και οι επιστήμονες τις επινοούν.	«Η δήλωση γ φαίνεται να είναι η καταλληλότερη εφόσον πολλές φορές ακούσαμε πως επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες, ενώ κάποτε τις επινοούν π.χ. νόμος του Νεύτωνα» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=5	F=2	F=2
B. Οι θεωρίες ανακαλύπτονται αλλά οι επιστήμονες με την επινόηση τους της κάνουν πιο κατανοητές/ έγκυρες	«Οι επιστήμονες κάποιες φορές ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες και για να τις ερμηνεύσουν στο κόσμο ώστε να τις καταλάβουν χρησιμοποιούν την δημιουργικότητα τους και έτσι κάποιες επινοούν για να εξηγούν απλά τι συμβαίνει σχετικά με αυτά που παρατήρησαν και δεν μπορούν να εξηγήσουν εύκολα και να είναι αντιληπτά από τον κόσμο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-
Γ. Ανακαλύπτουν τα φαινόμενα και επινοούν τις ονομασίες.	«Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες. Το μόνο που επινοούν κάποιες φορές είναι είτε κάποιους όρους για τις οντότητες τους ή γενικά κάποιες οντότητες...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
Δ. Οι παλαιότερες θεωρίες ανακαλύπτονται και οι νεότερες επινοούνται	«Πολλές φορές για να διατυπωθεί μια θεωρία χρειάζεται οι επιστήμονες να συνδυάσουν δημιουργική σκέψη και φαντασία διότι δεν επαρκεί μόνο μια θεωρία η οποία ανακάλυψαν για να τεκμηριώσει την θέση του αλλά χρειάζεται να επινοήσουν και άλλες θεωρίες. Έτσι ώστε οι νεότεροι επιστήμονες να ανακαλύπτουν τις θεωρίες των παλαιότερων και πάνω σε αυτές να κτίζουν και να επινοούν νέες θεωρίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-

Ε. Όταν έχουν αρκετά δεδομένα ανακαλύπτουν τις θεωρίες, όταν όμως δεν έχουν αρκετά δεδομένα τότε επινοούν θεωρίες	«Οι επιστήμονες κάποτε ανακαλύπτουν και κάποτε επινοούν. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι μερικές φορές με τα συγκεκριμένα δεδομένα που έχουν μπροστά τους και σε συνδυασμό με πειράματα ανακαλύπτουν θεωρίες. Όμως αν δεν έχουν αρκετά δεδομένα ώστε να εξηγήσουν κάποια από τα πειράματα τους, τότε επινοούν κάποιες θεωρίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	F=1	F=2
<b>5. Άσχετη απάντηση</b>	«Πιστεύω ότι η σωστή απάντηση είναι το γ. Γιατί σε κάποιες περιπτώσεις όπως και στην περίπτωση του αρχαιολόγου ανακαλύφθηκαν τα αρχαία αντικείμενα. Σε άλλες περιπτώσεις όπως και στη περίπτωση της μουσικής ο ίδιος ο μουσικός χρησιμοποίησε την φαντασία, τη δημιουργικότητα του για να επεκταθεί άρα επινόησε.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=1	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

### Έργο αξιολόγησης 3

Το τρίτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στους συμμετέχοντες της πρώτης μελέτης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, αποσκοπούσε στην αξιολόγηση της ικανότητας των φοιτητών να αναγνωρίζουν επινοημένες θεωρίες - έννοιες της φυσικής και συγκεκριμένα την έννοια των σωματιδίων. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 23, κανένας από τους συμμετέχοντες δεν αναγνώρισε την επινοημένη φύση της έννοιας, πριν τη διδακτική παρέμβαση. Η πλειοψηφία των φοιτητών (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N = 9, Ομάδα Β: N = 9, Ομάδα Γ: N = 11) υποστήριξε ότι οι επιστήμονες απέδειξαν ότι τα υλικά αποτελούνται από σωματίδια μέσω πειραμάτων. Αναλύοντας τις επεξηγήσεις που έδωσαν οι φοιτητές, φάνηκε ότι οι περισσότεροι από αυτούς θεωρούσαν ότι με τη διεξαγωγή πειραμάτων ενισχύεται η εγκυρότητα των συμπερασμάτων των επιστημόνων (Υποκατηγορία 1Α). Επιπλέον, κάποιοι φοιτητές δήλωσαν ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιώντας τα μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης και διάφορα άλλα πειράματα ότι οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι τα υλικά αποτελούνται από σωματίδια (Υποκατηγορία 1Β). Σύμφωνα με μια χαρακτηριστική απάντηση που εντοπίστηκε κατά την ανάλυση των δεδομένων, κάποιοι φοιτητές απέρριψαν το ενδεχόμενο της άμεσης παρατήρησης των σωματιδίων μέσω των μικροσκοπίων, λόγω του ότι τους φαινόταν αδύνατον το ενδεχόμενο οι επιστήμονες να μπορούσαν να παρατηρήσουν τη σύσταση κυρίως των αερίων, χωρίς τη διεξαγωγή πειραμάτων (Υποκατηγορία 1Γ). Δύο φοιτητές ανέφεραν ρητά στην απάντησή τους ότι δεν μπορούν οι επιστημονικές θεωρίες να προκύπτουν από υποθέσεις αλλά ότι πρέπει να προέρχονται από πειράματα (Κατηγορία 1Δ). Η συγκεκριμένη κατηγορία, ενισχύει την πεποίθηση ότι στην πλειοψηφία τους οι φοιτητές

που δήλωσαν ότι οι επιστήμονες κατέληξαν στην έννοια των σωματιδίων μέσω πειραματισμού, απορρίπτουν, κάποιοι ρητά και κάποιοι όχι, την επινοημένη φύση των επιστημονικών θεωριών, υποστηρίζοντας ότι η επιστήμη έχει καθαρά εμπειρικό χαρακτήρα.

Παρόμοια πεποίθηση φάνηκε ότι είχαν και οι συμμετέχοντες που επέλεξαν την πρώτη επιλογή που παρουσιαζόταν στο έργο αξιολόγησης, σύμφωνα με την οποία οι επιστήμονες κατέληξαν στην έννοια των σωματιδίων, μέσω άμεσης παρατήρησης, με τους περισσότερους από αυτούς να δηλώνουν ότι τα σύγχρονα και εξελιγμένα μέσα που έχουν στη διάθεση τους οι επιστήμονες επιτρέπουν τέτοιου είδους παρατηρήσεις (Υποκατηγορία 2Α). Δυο απαντήσεις που ενισχύουν το επιχείρημα που αναφέρθηκε πιο πάνω, περί άμεσης απόρριψης της επινοημένης φύσης των σωματιδίων, είναι οι υποκατηγορίες 2Β και 2Γ. Σύμφωνα με αυτές τις κατηγορίες, κάποιοι φοιτητές θεωρούσαν πριν τη διδακτική παρέμβαση, ότι οι επιστήμονες πρέπει να στηρίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και ότι πρέπει να επαληθεύσουν τις υποθέσεις τους, για να διατυπώσουν μια επιστημονική θεωρία.

Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την πρώτη χορήγηση του έργου αξιολόγησης δεν παρατηρήθηκε οποιαδήποτε διαφορά στον τρόπο απάντησης, ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2)=0$ ,  $p > 0.05$ ). Παρόμοια ευρήματα εντοπίστηκαν και από τη σύγκριση των δύο πειραματικών ομάδων ( $U(12,15)=90.000$ ,  $Z=0$ ,  $p>0.05$ ).

Πίνακας 23. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 3 - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Οι επιστήμονες μέσω πολλών πειραμάτων απέδειξαν ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια</b>		N=9	N=9	N=11
Α. Μέσω του πειραματισμού ενισχύεται η εγκυρότητα	«Κατά την γνώμη μου το Β υπερσχύει από τα άλλα. Γιατί ένας επιστήμονας για να βγάλει ένα συμπέρασμα ή αποτέλεσμα κάποιου φαινομένου πρέπει να αποδείξει τον ισχυρισμό του. Δηλαδή πρέπει να αποδείξει την εγκυρότητα της θεωρίας του. Χωρίς να αποδείξει πως το πείραμα του είναι αληθές τότε κανείς δεν μπορεί να το θεωρήσει ορθό. Άρα η θεωρία είναι ψευδής...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=2	F=4
Β. Συνδυασμός παρατηρήσεων και πειραμάτων	«Πιστεύω ότι οι επιστήμονες με τα μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης αλλά και με πολλά πειράματα έφτασαν στο συμπέρασμα ότι όλα τα υλικά αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=3	F=1	F=1
Γ. Μέσω του μικροσκοπίου δεν μπορούν να παρατηρηθούν όλα τα υλικά (αέρια), για	«Μπορεί τα στερεά και τα υγρά σωματίδια με κάποιο τρόπο να μπορούν να τα διακρίνουν, όμως τα αέρια όχι. Έτσι σίγουρα για να παρατηρήσουν αυτά τα υλικά ακολούθησαν σειρά πειραμάτων μέχρι να το αποδείξουν...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2	-

αυτό είναι απαραίτητος ο πειραματισμός				
Δ. Οι επιστήμονες δεν μπορούν να στηρίζονται σε υποθέσεις, για αυτό είναι απαραίτητος ο πειραματισμός	«Πιστεύω πως είναι το Β διότι οι επιστήμονες δεν μπορούν να υποθέτουν ούτε είναι αρκετό να παρατηρούν τα μικρά σωματίδια. Για να ονομάζεσαι επιστήμονας πρέπει να πειραματιστείς πολλές φορές για να καταλήξεις σε ένα συμπέρασμα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1	-
Ε. Περιγραφή πειράματος	«Οι επιστήμονες σκέφτονται πως όλα τα υλικά (στερεά, υγρά και αέρια) αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια. Αυτό οφείλεται στο ότι οι επιστήμονες απέδειξαν μέσα από πολλά πειράματα ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια. Αυτό πιθανόν να έχει αποδειχθεί από την ανάμειξη κάποιων υλικών μεταξύ τους, γνωρίζοντας βέβαια τι προκαλεί η κάθε ανάμειξη. Έτσι, κατέληξαν στο συμπέρασμα αυτό.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Ζ. Χρήση σύγχρονου εξοπλισμού για διεξαγωγή πειραμάτων	«Οφείλεται στο ότι οι επιστήμονες απέδειξαν μέσα από πολλά πειράματα ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια. Έχοντας στη διάθεση τους σύγχρονα εργαλεία και χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους μέσα από συνεχή πειραματισμό κατέληξαν στο συμπέρασμα πως όλα τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
Η. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Επέλεξα το Β εξαιτίας του ότι οι επιστήμονες με τη βοήθεια ορισμένων πειραμάτων που εφάρμοσαν παρατήρησαν πως όλα τα υλικά αποτελούνται από άλλα σωματίδια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=2	F=3	F=5
<b>2. Οι επιστήμονες μέσω μικροσκοπίων υψηλής ανάλυσης παρατήρησαν τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια</b>		N=3	N=3	N=4
Α. Τα σύγχρονα μέσα επιτρέπουν στους επιστήμονες να παρατηρούν τα σωματίδια	«Οι επιστήμονες τη σημερινή εποχή έχουν όλα τα σύγχρονα π.χ. υψηλής ανάλυσης μικροσκόπια που τους επιτρέπει να παρατηρούν όλα τα υλικά και μέσω αυτών παρατηρούν όλων των ειδών τα σωματίδια που τα αποτελούν και όλα τα συστατικά μέρη των στερεών, υγρών και αερίων.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	-	F=3
Β. Οι επιστήμονες χρειάζονται αποδεικτικά στοιχεία	«Οι επιστήμονες για να θεωρήσουν μια δήλωση, μια θεωρία ως ακριβή που να γίνεται γενικά αποδεκτή χρησιμοποιούν αποδεικτικά στοιχεία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-
Γ. Ο πειραματισμός βοηθά στην επαλήθευση υποθέσεων	«Οι επιστήμονες έχουν παρατηρήσει κάθε χημική αντίδραση που προκαλείται στην ένωση κάποιων ουσιών, έτσι υπέθεσαν ότι τα στερεά/ υγρά/ αέρια αποτελούνται από πιο μικρά σωματίδια που το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να δει. Με τη δημιουργία του μικροσκοπίου αποδεικνύουν την υπόθεση τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Δ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Με τα μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης μπορούν να παρατηρήσουν τα μικρά σωματίδια έτσι μπορούν να διακρίνουν σε ποια υλικά υπάρχουν μικρά σωματίδια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	F=2	F=1
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>	«Για παράδειγμα η βροχή όπου τα μόρια του αέρα υδροποιούνται και δημιουργούν σταγόνες νερού. Αν ο	N=1	-	-

	<i>αέρας ήταν ένα ενιαίο κομμάτι δεν θα μπορούσε να περάσει η βροχή.» Φοιτήτρια, Ομάδα Α</i>			
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση φάνηκε ότι βελτιώθηκαν οι αντιλήψεις των φοιτητών (Πίνακας 24), ειδικότερα στην περίπτωση των δύο πειραματικών ομάδων (Ομάδα Α:  $Z(13) = -1.414$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(12) = -2.646$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.646$ ,  $p < 0.05$ ) παρόλο που δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος ( $\chi^2(2) = 5.109$ ,  $p = 0.078$ ). Αρκετοί από αυτούς, κατά τη δεύτερη συμπλήρωση του έργου αξιολόγησης, υποστήριζαν ότι η έννοια των σωματιδίων αποτελεί μια υπόθεση των επιστημόνων, η οποία τους βοηθά να εξηγούν διάφορα επιστημονικά φαινόμενα (Κατηγορία 1: Ομάδα Α:  $N = 2$ , Ομάδα Β:  $N = 7$ , Ομάδα Γ:  $N = 7$ ). Οι περισσότεροι φοιτητές ανέφεραν κατά την επεξήγηση της απάντησης τους, ότι οι επιστήμονες στηριζόμενοι στις παρατηρήσεις και τα πειράματά τους επινοούν έννοιες (Υποκατηγορία 1Α). Επιπρόσθετα, αρκετοί συμμετέχοντες υποστήριζαν ότι ο λόγος που επινοούν/ υποθέτουν οι επιστήμονες είναι γιατί δεν μπορούν να παρατηρήσουν άμεσα τα σωματίδια (Υποκατηγορία 1Β και 1Γ). Το ακόλουθο απόσπασμα συνέντευξης, φανερώνει καλύτερα τον συγκεκριμένο τρόπο σκέψης των φοιτητών:

**Φοιτητής:** *Εγώ πιστεύω ότι είναι κάτι που υποθέτουν ότι ισχύει για όλα τα αντικείμενα, γιατί υπάρχουν αντικείμενα που δεν μπορούν να τα μελετήσουν, ούτε με γυμνό μάτι ούτε με μικροσκόπιο και υποθέτουν και θεωρούν ότι επειδή ισχύει στα υπόλοιπα όντως ισχύει..*

**Ερευνητής:** *Αρα πώς ξέρουν ότι ισχύει στα υπόλοιπα;*

**Φοιτητής:** *Υπάρχουν αντικείμενα που μπορούν να ελέγξουν με μικροσκόπιο.*

**Ερευνητής:** *Αρα σε κάποιες περιπτώσεις το παρατήρησαν αλλά υποθέτουν ότι ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις;*

**Φοιτητής:** *Α. Ναι.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτητής, Ομάδα Γ)

Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων, φάνηκε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών της πρώτης ομάδας αλλά και αρκετοί φοιτητές από την τρίτη ομάδα (Ομάδα Α:  $N = 9$ , Ομάδα Β:  $N = 2$ , Ομάδα Γ:  $N = 7$ ), συνέχισαν να πιστεύουν ότι οι επιστήμονες κατέληξαν στην έννοια των σωματιδίων, στηριζόμενοι αποκλειστικά στα πειράματά τους. Η υποστήριξη του αποκλειστικά εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης, θεωρείται αναμενόμενη στην περίπτωση της ομάδας ελέγχου, αφού δεν έγινε οποιαδήποτε αναφορά στον ρόλο της επινοήσεως στην επιστήμη, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Όμως το γεγονός ότι ακόμα



και φοιτητές που διδάχθηκαν ρητά τέτοιου είδους πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, συνέχισαν να αγνοούν την επινοημένη φύση των επιστημονικών θεωριών, φανερώνει το πόσο εδραιωμένη ήταν στο μυαλό των φοιτητών, η αντίληψη ότι η επιστήμη στηρίζεται αποκλειστικά σε εμπειρικά δεδομένα. Η πεποίθηση αυτή ενδυναμώνεται από το γεγονός ότι κάποιοι φοιτητές (Κατηγορία 3: Ομάδα Α: N = 2, Ομάδα Β: N = 3, Ομάδα Γ: N = 1) συνέχισαν να υποστηρίζουν την άμεση παρατήρηση των σωματιδίων από τους επιστήμονες.

Μέσα από τη σύγκριση των τελικών απαντήσεων που συλλέχθηκαν από τις πειραματικές ομάδες, δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφορά στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος ( $U(12,15)=79.500$ ,  $Z=-0.592$ ,  $p>0.05$ ).

Πίνακας 24. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 3 - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β	Μ.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Οι επιστήμονες υποθέτουν ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια</b>		N=2	N=7	N=7
Α. Οι επιστήμονες με βάση τις παρατηρήσεις και τα πειράματα του επινοούν	«Προκύπτει και μέσα από αυτά που μπορούν να παρατηρήσουν, των μικροσκοπιών αλλά και από τις διάφορες ερμηνείες / παρατηρήσεις που έκαναν από διάφορα πειράματα. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν και άμεσα παρατηρήσιμα στοιχεία για να αποδείξουν ότι αποτελούν μικρά σωματίδια αλλά επινοούν και τις διάφορες ερμηνείες μέσω των πειραμάτων τους για να εξηγήσουν τους λόγους που συμβαίνει και αν δεν συγκρούονται οι παρατηρήσεις και οι ερμηνείες τους τότε υποθέτουν τις διάφορες θεωρίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1	F=4
Β. Οι επιστήμονες επινοούν αφού δεν μπορούν να δουν τα σωματίδια	«Οι επιστήμονες υποθέτουν πως τα υλικά είναι κατασκευασμένα από μικρά σωματίδια. Τα μικρά σωματίδια είναι επινοημένες οντότητες για να εξηγήσουν διάφορα φυσικά φαινόμενα γιατί δεν μπορείς πάντα να δεις τα μικρά σωματίδια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=4	-
Γ. Οι επιστήμονες υποθέτουν αφού δεν μπορούν να δουν τα σωματίδια	«Οι επιστήμονες κάνουν υποθέσεις επειδή δεν μπορούν να αποδείξουν αυτή τη θεωρία. Δεν μπορούν να δουν τα σωματίδια που αποτελείται ένα υλικό. Άρα οι επιστήμονες εξηγούν με βάση κάποιες υποθέσεις τους» <b>Φοιτητής, Ομάδα Γ</b>	-	F=1	F=3
Δ. Οι επιστήμονες κάνουν υποθέσεις γιατί δεν μπορούν να παρατηρήσουν όλα τα υλικά με	«Οι επιστήμονες σκέφτονται πως όλα τα υλικά (στερεά υγρά και αέρια) αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια. Αυτό οφείλεται στο ότι οι επιστήμονες μπορούν να εξηγήσουν τους λόγους που συμβαίνουν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, υποθέτοντας ότι όλα τα υλικά είναι κατασκευασμένα από μικρά σωματίδια γιατί μόνο με αυτό τον τρόπο μπορούν να διατυπώσουν αυτό το συμπέρασμα, αφού δεν μπορούν τα μικροσκόπια να χρησιμοποιηθούν για όλα τα υλικά (στερεά, υγρά,	F=1	F=1	-

μικροσκοπία	αέρια).» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>			
<b>2. Οι επιστήμονες μέσω πολλών πειραμάτων απέδειξαν ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια</b>		N=9	N=2	N=7
A. Συνδυασμός παρατηρήσεων και πειραμάτων	«Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι όλα τα υλικά αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια διότι αυτό το απέδειξαν μέσα από διάφορα πειράματα και μέσα από διάφορες έρευνες. Αυτό όμως το έλεγξαν μέσα από τα μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=2	-	F=3
B. Μέσω του μικροσκοπίου δεν μπορούν να παρατηρηθούν όλα τα υλικά (αέρια), για αυτό είναι απαραίτητος ο πειραματισμός	«Οι επιστήμονες προκειμένου να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα κάνουν πολλά πειράματα. Στο συγκεκριμένο, γι παράδειγμα, δεν μπορούν να παρατηρήσουν τον αέρα όπως είναι, επομένως σίγουρα έκαναν πολλά πειράματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	-	-
Γ. Χρήση σύγχρονου εξοπλισμού για διεξαγωγή πειραμάτων	«Οι επιστήμονες μπορούν με πολλά πειράματα να αποδείξουν τα πάντα. Έχουν όλες τις ανέσεις και όλα τα μέσα σήμερα για να ανακαλύψουν και να αποδείξουν ότι γυρεύουν.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	-	-
Δ. Με τον πειραματισμό ελέγχουν υποθέσεις / επινοήσεις	«Επέλεξα το Β γιατί θεωρώ ότι με τη διεξαγωγή αρκετών πειραμάτων, είτε επικυρώνεις αυτό που έχεις επινοήσει ή αυτό που πιστεύεις, είτε αποδεικνύεις ότι ισχύει κάτι άλλο. Για αυτό και θεωρώ ότι απέδειξαν με πειράματα ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2	-
Ε. Περιγραφή πειράματος	«Για παράδειγμα το πείραμα υδρόλυσης του νερού. Το νερό αποτελείται από οξυγόνο και υδρογόνο αλλά και άλατα. Αυτό φάνηκε μέσα από πειράματα διάσπασης ενός μορίου του νερού.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
Ζ. Μέσω του πειραματισμού ενισχύεται η εγκυρότητα	«Έχουν αποδείξει μέσα από πειράματα ότι όλα τα σώματα, σε όποια μορφή και αν είναι αποτελείται από μόρια και άτομα. Για αυτό είναι σε θέση να δηλώνουν με σιγουριά αυτή την άποψη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Η. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Οι επιστήμονες μέσα από τα πειράματα βγάζουν συμπεράσματα έτσι μπορούν να βρουν ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=3	-	F=3
<b>3. Οι επιστήμονες μέσω μικροσκοπίων υψηλής ανάλυσης παρατήρησαν τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια</b>		N=2	N=3	N=1
A. Ο πειραματισμός βοηθά στην επαλήθευση υποθέσεων	«Το ότι οι επιστήμονες σκέφτονται ότι τα υλικά αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια οφείλεται και στο Α και στο Β και στο Γ. Το Α και το Γ μπορεί να ήταν μια υπόθεση τους, η οποία μετά αποδείχτηκε από τα μικροσκόπια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
B. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Αυτό οφείλεται στο ότι οι επιστήμονες μπορούν να παρατηρήσουν αυτά τα μικρά σωματίδια χρησιμοποιώντας μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης. Μέσα από αυτά τα μικροσκόπια μπορούν να δουν τα μικρά μικρά σωματίδια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=3	F=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

#### Έργο αξιολόγησης 4 / Ερώτημα Α

Τον βαθμό κατανόησης του αβέβαιου χαρακτήρα της επιστήμης, επεδίωκε να αξιολογήσει το πρώτο ερώτημα του τέταρτου δοκιμίου σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης (Πίνακας 25). Όπως φάνηκε, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος από τις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2)= 2.333$ ,  $p > 0.05$ ), αφού η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών πριν από τη διδακτική παρέμβαση και στις τρεις περιπτώσεις, υποστήριζε ότι η επιστημονική γνώση είναι βέβαιη και ορθή (Κατηγορία 2: Ομάδα Α:  $N = 11$ , Ομάδα Β:  $N = 11$ , Ομάδα Γ:  $N = 14$ ). Αντίστοιχα αποτελέσματα εντοπιστήκαν και από τη σύγκριση των πειραματικών ομάδων ( $U(12,15)=82.500$ ,  $Z=-1.118$ ,  $p>0.05$ ). Σύμφωνα με τη δικαιολογία που εμφανίστηκε κατά την ανάλυση των αρχικών απαντήσεων, ο παράγοντας που καθιστά την επιστήμη τόσο βέβαιη, είναι οι συνεχείς πειραματικές διαδικασίες που ακολουθούν οι επιστήμονες (Υποκατηγορία 2Α). Παρόλο που το συγκεκριμένο σκεπτικό είναι ορθό, εντούτοις όπως φαίνεται οι εν λόγω συμμετέχοντες, αγνόησαν το γεγονός ότι εκτός από τα πειραματικά και εμπειρικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται, οι επιστήμονες εμπλέκουν και τη δημιουργικότητα τους για να καταλήξουν στη διατύπωση μιας θεωρίας. Επίσης, κάποιοι φοιτητές ανέφεραν ότι τα σύγχρονα τεχνολογικά μέσα που έχουν στη διάθεση τους οι επιστήμονες, καθιστούν την επιστημονική γνώση αμετάβλητη (Υποκατηγορία 2Β), ενώ κάποιοι άλλοι θεώρησαν ότι από τη στιγμή που μια πληροφορία είναι δημοσιευμένη, σημαίνει ότι είναι ορθή (Υποκατηγορία 2Γ). Μια ερμηνεία που μπορεί να δοθεί για τον λόγο που οι περισσότεροι φοιτητές υποστήριζαν ότι υπάρχει βεβαιότητα στην επιστήμη, είναι ίσως λόγω του ότι δεν είχαν την ευκαιρία, κατά τη διάρκεια των σχολικών και φοιτητικών τους χρόνων, να έρθουν αντιμέτωποι με επιστημονικές θεωρίες που ανατράπηκαν / αναθεωρήθηκαν στο πέρασμα του χρόνου. Μόνο τρεις φοιτητές που φάνηκε ότι ήταν ενήμεροι για αυτή τη πτυχή της Φύσης της Επιστήμης, υποστήριζαν στην απάντησή τους ότι οι επιστήμονες δεν είναι απόλυτα σίγουροι για τη δομή των υλικών, λόγω του ότι είναι πιθανόν οι επιστημονικές θεωρίες να ανατραπούν (Υποκατηγορία 1Α) και ότι τα πειραματικά δεδομένα ίσως να μην είναι απόλυτα ορθά (Υποκατηγορία 1Β).

Πίνακας 25. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπείραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Α - φύση τη επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β	Π.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Οι επιστήμονες δεν είναι βέβαιοι για τις θεωρίες τους</b>		N=2	N=1	-
A. Οι επιστημονικές θεωρίες μπορεί να αναθεωρηθούν	«Εγώ πιστεύω οι επιστήμονες δεν καθησυχάζονται ποτέ, με καμία από τις ανακαλύψεις τους. Συνεχώς διαβάζουν, ερευνούν, πειραματίζονται έτσι ώστε η ανακάλυψη τους να πάει ένα βήμα παρακάτω. Στη διαδικασία αυτή μπορεί να δουν ότι έχουν κάνει λάθος ή και όχι και να πρέπει να ανακαλέσουν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	F=1	-
B. Τα πειράματα δεν έχουν ακριβή αποτελέσματα	«Δεν μπορούν να είναι 100% σίγουροι γιατί η διαπίστωση αυτή προήλθε από πειράματα τα οποία δεν μπορούν να έχουν με ακρίβεια αποτελέσματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
<b>2. Οι επιστήμονες είναι βέβαιοι για τις θεωρίες τους</b>		N=11	N=11	N=14
A. Ο επανειλημμένος πειραματισμός καθιστά τις επιστημονικές θεωρίες βέβαιες	«Πιστεύω πως οι επιστήμονες είναι απόλυτα σίγουροι διότι τα συμπεράσματα τους προέρχονται μέσα από πολλά πειράματα που συνεπάγονται με αποδείξεις.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=8	F=8	F=7
B. Ο σύγχρονος εξοπλισμός καθιστά τις επιστημονικές θεωρίες βέβαιες	«Πιστεύω είναι αρκετά σίγουροι οι επιστήμονες λόγω του ότι χρησιμοποιούν την πολύ ανεπτυγμένη τεχνολογία της σημερινής εποχής και μπορούν να παρατηρήσουν τα αντικείμενα πολύ προσεκτικά.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Γ</b>	F=2	F=1	F=3
Γ. Από τη στιγμή που μια πληροφορία αναγράφεται στα σχολικά εγχειρίδια είναι βέβαιη	«Κατά τη γνώμη μου πιστεύω πως οι επιστήμονες είναι αρκετά σίγουροι για αυτή την δομή γιατί αν δεν ήταν σίγουροι δεν θα τα παρουσίαζαν μέσα στα βιβλία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	F=1	F=3
Δ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Είναι 100% σίγουροι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=2	F=2	F=4
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>	«Μέσα από έρευνες οι επιστήμονες κατηγοριοποίησαν τα υλικά σε 3 κατηγορίες με βάση κάποιο κοινό χαρακτηριστικό την υφή για παράδειγμα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Κατά τη δεύτερη συμπλήρωση του ερωτήματος παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση των συμμετεχόντων των δύο πειραματικών ομάδων (Ομάδα Β:  $Z(12) = -2.828$   $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.449$ ,  $p < 0.05$ ), αφού οι περισσότεροι από αυτούς τοποθετήθηκαν υπέρ του αβέβαιου χαρακτήρα της επιστήμης, σε αντίθεση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (Ομάδα Α:  $Z(13) = 0$ ,  $p > 0.05$ ), όπου οι περισσότεροι συνέχισαν να τάσσονται υπέρ του βέβαιου χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης. Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων που υποστήριζαν τον αβέβαιο

χαρακτήρα της επιστήμης, παρουσιάστηκαν καινούρια επιχειρήματα τα οποία δικαιολογούσαν τη γενική τους τοποθέτηση. Συγκεκριμένα, κάποιοι φοιτητές από τις πειραματικές ομάδες, ανέφεραν ότι οι επιστημονικές θεωρίες εμπεριέχουν επινοήσεις και ότι αυτός είναι ένας λόγος που μπορεί να οδηγήσει τις θεωρίες σε μελλοντική τροποποίηση (Υποκατηγορία 1B). Η εν λόγω δήλωση παρουσιάστηκε και κατά τη διάρκεια της συνέντευξης μιας φοιτήτριας από τη Ομάδα Β:

**Ερευνητής:** *Νομίζεις ότι είναι απόλυτα σίγουροι οι επιστήμονες; Ή πόσο σίγουροι νομίζεις ότι είναι για αυτή τη θεωρία που έβγαλαν ας πούμε;*

**Φοιτήτρια:** *Το μαγνητικό πεδίο;*

**Ερευνητής:** *Ναι. Γενικά τις θεωρίες τους.*

**Φοιτήτρια:** *Εντάξει δεν μπορούν ποτέ να είναι 100% σίγουροι. Πάντα μπορεί να ανατραπεί ειδικά αν έχουν φαντασία μέσα. Αλλά είναι αρκετά σίγουροι.*

**Ερευνητής:** *Αρα θεωρείς ότι υπάρχει η πιθανότητα να ανατραπεί μια θεωρία στο μέλλον;*

**Φοιτήτρια:** *..Ναι*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Επιπλέον, δύο φοιτητές της δεύτερης ομάδας, υποστήριξαν ότι ένας λόγος που καθιστά τον κλάδο της επιστήμης αβέβαιο είναι η σύγκρουση καινούριων παρατηρήσεων με τις υφιστάμενες ερμηνείες των επιστημόνων (Υποκατηγορία 1E). Οι δηλώσεις αυτές ενισχύουν το επιχειρήμα ότι οι συμμετέχοντες των πειραματικών ομάδων κατανόησαν τον θεωρητικό χαρακτήρα της επιστήμης, ο οποίος καθιστά τον κλάδο αβέβαιο. Η επίδοση των φοιτητών αυτών είχε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την αντίστοιχη της ομάδας ελέγχου ( $\chi^2(2) = 8.908$ ,  $p < 0.05$  - Ομάδα Α: Mean Rank=15.08, Ομάδα Β: Mean Rank= 27, Ομάδα Γ: Mean Rank=20). Από τη σύγκριση των δύο πειραματικών ομάδων δεν εντοπίστηκαν οποιεσδήποτε διαφορές ( $U(12,15)=58.500$ ,  $Z=-1.785$ ,  $p>0.05$ ).

Πίνακας 26. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Οι επιστήμονες δεν είναι βέβαιοι για τις θεωρίες τους</b>		N=2	N=9	N=6
Α. Οι επιστημονικές θεωρίες μπορεί να αναθεωρηθούν	«... Σίγουρα η επιστήμη δεν είναι κάτι σίγουρο. Μπορεί να αναθεωρηθεί οποιαδήποτε στιγμή...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=3	F=1

B. Οι θεωρίες περιλαμβάνουν επινοήσεις / υποθέσεις για αυτό μπορεί να τροποποιηθούν	«Δεν είναι σίγουροι. Δίνουν μια πιθανή εικόνα που συσχετίζεται με τα δεδομένα τα οποία έχουν καθώς δεν είναι σε θέση να τα δουν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	F=2	F=3
Γ. Η εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει σε αναθεώρηση των θεωριών	«Μέχρι σήμερα πιστεύω ότι αυτό πιστεύουν οι επιστήμονες. Όμως δεν είναι 100% διότι με το πέρασμα του χρόνου ανακαλύπτονται νέα πράγματα με τη βοήθεια της τεχνολογίας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2	-
Δ. Τα πειράματα δεν έχουν ακριβή αποτελέσματα	«Οι επιστήμονες δεν μπορούν ποτέ να είναι εντελώς σίγουροι για κάτι, λόγω του ότι τα αποτελέσματα που έχουν προκύπτουν από πειράματα τα οποία δεν μπορούν ποτέ να είναι 100% έγκυρα. ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Ε. Καινούριες παρατηρήσεις και ερμηνείες μπορεί να οδηγήσουν σε αναθεώρηση των θεωριών	«Είναι σίγουροι όσο τους επιτρέπουν οι παρατηρήσεις και οι ερμηνείες που έκαναν μέχρι τώρα. Αν προκύψουν καινούριες παρατηρήσεις και ερμηνείες πρέπει να αναθεωρήσουν την θεωρία τους» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2	-
Ζ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Δεν είναι σίγουροι. Απλά μετά από πειράματα και παρατηρήσεις καθώς από τις γνώσεις που τους διακατέχουν οδηγούνται σε μια σειρά από συμπεράσματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=2
<b>2. Οι επιστήμονες είναι βέβαιοι για τις θεωρίες τους</b>		N=10	N=3	N=9
A. Ο επανειλημμένος πειραματισμός καθιστά τις επιστημονικές θεωρίες βέβαιες	«Οι επιστήμονες πρέπει να είναι αρκετά σίγουροι για αυτή τη δομή για το λόγο ότι μια θεωρία τους προκύπτει μέσα από πολλά πειράματα προτού επικυρωθεί.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=6	F=3	F=5
B. Ο σύγχρονος εξοπλισμός καθιστά τις επιστημονικές θεωρίες βέβαιες	«Πιστεύω είναι αρκετά σίγουροι οι επιστήμονες γιατί το έχουν πραγματοποιήσει με ανεπτυγμένα μέσα και εργαλεία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=3	-	F=1
Γ. Από τη στιγμή που μια πληροφορία αναγράφεται στα σχολικά εγχειρίδια είναι βέβαιη	«Πρέπει να είναι 100% σίγουροι οι επιστήμονες για αυτή τη δομή ώστε να την παρουσιάζουν και στο βιβλίο της επιστήμης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=3	F=1	F=2
Δ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Οι επιστήμονες πρέπει να είναι αρκετά σίγουροι για αυτή τη δομή.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=1	-	F=1
<b>3. Ασχετη απάντηση</b>	«Οι επιστήμονες δεν μπορεί να είναι απόλυτα σίγουροι για αυτή τη δομή αν δεν παρατηρήσουν πώς συμβαίνουν τα φυσικά φαινόμενα και μέσω αυτής της παρατήρησης να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι τα υλικά στερεά, υγρά, αέρια αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια.» <b>Φοιτήτρια Ομάδα Α</b>	N=1	-	-
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

## Έργο αξιολόγησης 4 / Ερώτημα Β

Η αναγνώριση του ρόλου της δημιουργικότητας στον κλάδο της επιστήμης αξιολογήθηκε επιπρόσθετα μέσα από το δεύτερο ερώτημα του τέταρτου έργου αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, μέσα από το συγκεκριμένο ερώτημα, διερευνήθηκε το αν οι φοιτητές ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν ότι οι επιστήμονες, όπως κάνουν σε όλες τις περιπτώσεις διατύπωσης κάποιας θεωρίας, έτσι και κατά τον προσδιορισμό της δομής των υλικών, χρησιμοποίησαν και τη δημιουργικότητα τους.

Πίνακας 27. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Στοιχεία που χρησιμοποίησαν οι επιστήμονες για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών:</b>		N=12	N=10	N=14
Α. Δημιουργικότητα	«Μέσα από την παρατήρηση, φαντασία και περιέργεια. Προσπάθησαν να εξηγήσουν τη δημιουργία των υλικών και τι τα διαφοροποιεί από στερεά σε υγρά και αέρια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
Β. Πειράματα με εμπειρικά δεδομένα	«Οι επιστήμονες νομίζω ότι στηρίζονται στα διάφορα πειράματα τους για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	F=6	F=8
Γ. Δεδομένα / Παρατηρήσεις	«Για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών ίσως έλαβαν υπόψη τους τη μάζα των υλικών αλλά και την πυκνότητα. Όσο πιο κοντά είναι τα μόρια μεταξύ τους τόσο πιο στερεό είναι το σώμα. Όσο πιο μακριά, τόσο πιο αέριο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=7	F=2	F=3
Δ. Τεχνολογικά μέσα	«Πιστεύω ότι λόγω της ανεπτυγμένης τεχνολογίας δημιουργήθηκαν πολλά μηχανικά μέσα για την παρατήρηση αντικειμένων. Κατά την γνώμη μου το κυριότερο μέσο είναι το τηλεσκόπιο που είναι εξελιγμένο και ανεπτυγμένο στη σημερινή εποχή.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Γ</b>	F=3	F=3	F=4
Ε. Στοιχεία / θεωρίες από άλλους ερευνητές	«Χρησιμοποίησαν τόσο αποτελέσματα από άλλους επιστήμονες ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1	F=1
<b>2. Άσχετη απάντηση</b>	«Από τι αποτελείται, τη φυσική κατάσταση τους, το περιβάλλον.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=2	N=1
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Η ανάλυση των αρχικών απαντήσεων έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες ( $\chi^2(2)=1.667$ ,  $p > 0.05$ ), ούτε ανάμεσα στις δύο πειραματικές ( $U(12,15)=84.000$ ,  $Z=-0.894$ ,  $p > 0.05$ ). Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 27, μόνο μια φοιτήτρια από την Ομάδα Γ (Υποκατηγορία 1Α), ανέφερε στην απάντησή της, την εμπλοκή της δημιουργικότητας των επιστημόνων κατά τη διατύπωση της

εν λόγω θεωρίας. Οι υπόλοιποι φοιτητές, με εξαίρεση τρεις περιπτώσεις οι οποίες κωδικοποιήθηκαν σαν άσχετες (Κατηγορία 2), αναφέρθηκαν σε άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, όπως για παράδειγμα τα πειράματα (Υποκατηγορία 1B), τα δεδομένα / παρατηρήσεις (Υποκατηγορία 1Γ), τα τεχνολογικά μέσα (Υποκατηγορία 1Δ) καθώς και προηγούμενες θεωρίες ή απόψεις άλλων επιστημόνων (Υποκατηγορία 1Ε). Μέσα από την ανάλυση των πιο πάνω απαντήσεων, φάνηκε ότι οι συγκεκριμένοι φοιτητές εστιάζονταν στον εμπειρικό χαρακτήρα των επιστημονικών θεωριών, αποκλείοντας έμμεσα τον ρόλο της επινόησης.

Πίνακας 28. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β	Μ.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Στοιχεία που χρησιμοποίησαν οι επιστήμονες για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών:</b>		N=13	N=12	N=15
A. Δημιουργικότητα	«Οι επιστήμονες βασίστηκαν στις παρατηρήσεις και τις ερμηνείες που έκαναν αλλά χρησιμοποίησαν και τη δημιουργικότητα τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	F=5	F=7
B. Πειράματα με εμπειρικά δεδομένα	«Πιστεύω πως με πολλά πειράματα κατέληξαν οι επιστήμονες να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=8	F=8	F=10
Γ. Τεχνολογικά μέσα	«Για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν εξειδικευμένα μηχανήματα, όπως τα μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=2	F=4
Δ. Δεδομένα / Παρατηρήσεις	«Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν την παρατήρηση των φυσικών φαινομένων για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=3	-	F=1
Ε. Στοιχεία / θεωρίες από άλλους ερευνητές	«Δεδομένα που ήδη γνώριζαν, ..χρησιμοποίησαν απόψεις άλλων επιστημόνων και προσδιόρισαν τη δομή των υλικών.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	F=1	F=1
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Κατά τη δεύτερη συμπλήρωση του ερωτήματος, παρατηρήθηκε αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης της δήλωσης σχετικά με τη χρήση της δημιουργικότητας των επιστημόνων, κατά τον προσδιορισμό της δομής των υλικών. Συγκεκριμένα, πέντε φοιτητές από την Ομάδα Β και επτά φοιτητές από την Ομάδα Γ, αναγνώρισαν με επιτυχία τον ρόλο της δημιουργικότητας. Η διαφοροποίηση αυτή ήταν στατιστικά σημαντική ( $\chi^2(2) = 8.125$ ,  $p < 0.05$  - Ομάδα Α: Mean Rank=14.50, Ομάδα Β: Mean Rank= 22.83, Ομάδα Γ: Mean Rank=23.83) αφού μόνο οι δύο πειραματικές ομάδες είχαν βελτίωση στις απόψεις τους (Ομάδα Α:  $Z(13) = 0$ ,  $p = 1$ , Ομάδα Β:  $Z(12) = -2.236$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -2.449$ ,  $p$



< 0.05). Παρόλα αυτά οι πειραματικές ομάδες δεν εμφάνισαν οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ τους ( $U(12,15)=85.500$ ,  $Z=-0.255$ ,  $p>0.05$ ). Όπως και στην περίπτωση του προπειραματικού δοκιμίου, οι άλλες δηλώσεις που εντοπίστηκαν αναφέρονταν στη διεξαγωγή πειραμάτων (Υποκατηγορία 1B), τη χρήση τεχνολογικών μέσων (Υποκατηγορία 1Γ) και δεδομένων (Υποκατηγορία 1Δ) και άλλων επιστημονικών απόψεων (Υποκατηγορία 1Ε).

#### **Έργο αξιολόγησης 4 / Ερώτημα Γ**

Μέσα από το συγκεκριμένο ερώτημα, επιδιώχθηκε η διερεύνηση του βαθμού αναγνώρισης της βασικής διαφοράς στη χρήση της δημιουργικότητας από την πλευρά των επιστημόνων σε σχέση με αυτή των καλλιτεχνών. Ειδικότερα, αξιολογήθηκε το κατά πόσο αναγνώριζαν οι φοιτητές ότι οι επιστήμονες κατά τη διάρκεια της χρήσης της δημιουργικότητας τους πρέπει παράλληλα να στηρίζονται σε εμπειρικά δεδομένα, σε αντίθεση με τους καλλιτέχνες που δεν έχουν τέτοιου είδους περιορισμούς. Κατά την πρώτη συμπλήρωση του ερωτήματος, η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων, υποστήριξε ότι υπάρχει διαφορά στον τρόπο χρήσης της δημιουργικότητας στις δύο περιπτώσεις (Πίνακας 29). Μόνο δέκα συνολικά φοιτητές (Ομάδα Α:  $N = 3$ , Ομάδα Β:  $N = 4$ , Ομάδα Γ:  $N = 3$ ) αναφέρθηκαν στον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης. Οι υπόλοιπες απαντήσεις περιλάμβαναν δηλώσεις, οι οποίες ήταν σε μεγάλο βαθμό έγκυρες, παρόλα αυτά δεν αναφέρονταν στη μαθησιακή επιδίωξη, την οποία αξιολογούσε το εν λόγω έργο αξιολόγησης, αλλά σε πιο γενικές διαφορές ανάμεσα στους επιστήμονες και στους καλλιτέχνες. Για παράδειγμα, αρκετοί φοιτητές ανέφεραν κατά τη συμπλήρωση του προπειραματικού δοκιμίου, ότι η βασική διαφορά ανάμεσα στους δύο ειδικούς είναι ότι από τη μια οι επιστήμονες επηρεάζουν με το έργο τους όλη την ανθρωπότητα και άρα στην περίπτωση που κάνουν κάποιο λάθος θα έχει μεγάλο αντίκτυπο, σε αντίθεση με τους καλλιτέχνες (Υποκατηγορία 1B). Επιπλέον, κάποιοι άλλοι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι οι επιστήμονες πρέπει να αξιολογούν την εγκυρότητα των προϊόντων τους (Υποκατηγορία 1Γ), ότι πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί για να αποφεύγουν τη πιθανότητα λάθους (Υποκατηγορία 1Δ), ότι ακολουθούν μακροχρόνιες πειραματικές διαδικασίες πριν να ολοκληρώσουν τις θεωρίες τους (Υποκατηγορία 1Ε) και ότι στόχος τους είναι η ερμηνεία φυσικών φαινομένων, ενώ των καλλιτεχνών στόχος τους είναι σε κάποιο βαθμό η ψυχαγωγία των ανθρώπων (Υποκατηγορία 1Ζ). Μια άλλη δήλωση, η οποία παρόλο που εμφανίστηκε μόνο μια φορά, εντούτοις αξίζει να σχολιαστεί λόγω του ότι φανερώνει την αδυναμία της φοιτήτριας να αναγνωρίσει τον ρόλο της δημιουργικότητας στην επιστήμη. Σύμφωνα λοιπόν, με την εν λόγω δήλωση, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους για να οδηγηθούν στα προϊόντα τους σε αντίθεση με τους καλλιτέχνες που χρησιμοποιούν τη

δημιουργικότητα για να φτιάξουν τα προϊόντα τους (Υποκατηγορία 1Κ). Μέσα από αυτή την απάντηση φαίνεται ότι η φοιτήτρια, απέρριπτε με έμμεσο τρόπο τη χρήση της δημιουργικότητας από τους επιστήμονες κατά τη δημιουργία των επιστημονικών θεωριών. Τέλος, μόνο μια φοιτήτρια υποστήριξε ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στη χρήση της δημιουργικότητας από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες (Κατηγορία 2). Όπως φάνηκε, από τη στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων, οι τρεις ομάδες παρουσίασαν παρόμοιο βαθμό επίδοσης, κατά τη συμπλήρωση του συγκεκριμένου ερωτήματος, χωρίς σημαντικές διαφορές ( $\chi^2(2)=0.653$ ,  $p > 0.05$ ). Επιπλέον, δεν εντοπίστηκε κάποια διαφορά ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες ( $U(12,15)=78.000$ ,  $Z=-0.771$ ,  $p>0.05$ ).

Πίνακας 29. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Γ - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β	Π.Δ. Ομάδα Γ
<b>1. Υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη χρήση της δημιουργικότητας από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες</b>		N=13	N=12	N=14
A. Χρήση δεδομένων: Επιστήμονες: στηρίζονται σε δεδομένα, παρατηρήσεις, θεωρίες / Καλλιτέχνες: δεν στηρίζονται σε δεδομένα	«Πιστεύω πως υπάρχει κάποια διαφορά γιατί οι καλλιτέχνες πέρα από τη δημιουργικότητα τους τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούν και τα συναισθήματα τους για να εκφράσουν με οποιοδήποτε τομέα της τέχνης αυτό που νιώθουν. Οι επιστήμονες όμως θεωρώ ότι λειτουργούν με βάση έγκυρων πληροφοριών έτσι ώστε να παράξουν ένα προϊόν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=4	F=3
B. Βαθμός επίδρασης: Επιστήμονες: Επηρεάζουν τον κόσμο / Καλλιτέχνες: Δεν επηρεάζουν τον κόσμο	«Ναι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους καλλιτέχνες και τους επιστήμονες, τα αποτελέσματα της δημιουργικότητας των καλλιτεχνών δεν θα έχουν αντίκτυπο στη ζωή των άλλων. Αντίθετα με τους επιστήμονες που θα έχουν αντίκτυπο σε άλλα άτομα» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=2	F=2	F=5
Γ. Ανάγκη αξιολόγησης προϊόντος: Επιστήμονες: Απαραίτητη αξιολόγηση / Καλλιτέχνες: Μη απαραίτητη	«Η διαφορά ανάμεσα στο προϊόν παραγωγής ενός καλλιτέχνη και ενός επιστήμονα είναι πως αυτό του επιστήμονα επιβάλλεται να κριθεί (ως προς την εγκυρότητα ή τη χρησιμότητα του) ενώ του καλλιτέχνη όχι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=1	F=2

αξιολόγηση				
Δ. Περιθώριο λάθους: Επιστήμονες: Δεν υπάρχει περιθώριο λάθους / Καλλιτέχνες: Δεν υπάρχει λάθος	«Υπάρχει διαφορά αφού ο καλλιτέχνης όταν χρησιμοποιεί τη δημιουργικότητα του δεν υπάρχει πρόβλημα πώς να το κάνει, δεν υπάρχει σωστό και λάθος, απλώς εμπνέεται και ζωγραφίζει ή συνθέτει. Αντίθετα, οι επιστήμονες όταν δημιουργούν πρέπει να προσέχουν όλες τις λεπτομέρειες αφού δημιουργούν πράγματα π.χ. για να σώσουν ζωές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=1	F=1
Ε. Χρόνος και διεργασίες που προηγούνται της παραγωγής προϊόντων: Επιστήμονες: Μακροχρόνια πειράματα / Καλλιτέχνες: Δεν απαιτείται πολύς χρόνος και ειδικές διεργασίες	«Στην κάθε περίπτωση είναι διαφορετική γιατί οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν την φαντασία τους, την σκέψη τους για να δημιουργήσουν ενώ οι επιστήμονες χρησιμοποιούν διάφορα υλικά και κάνουν πειράματα μέχρι να καταλήξουν σε προϊόν και τους παίρνει αρκετό χρόνο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=2	F=2	F=1
Ζ. Στόχος: Επιστήμονες: Ερμηνεία φαινομένων – βελτίωση ανθρωπότητας / Καλλιτέχνες: Ψυχαγωγία	«Υπάρχει κάποια ουσιαστική διαφορά γιατί οι καλλιτέχνες δημιουργούν κάτι από ευαισθησία που αρκετές φορές έχει σκοπό την ψυχαγωγία. Ενώ σε αντίθεση οι επιστήμονες διεισδύουν σε πολύ βαθύτερες ασχολούνται με φαινόμενα που βοηθούν στην ερμηνεία του κόσμου και πώς λειτουργεί το κάθε τι γύρω μας» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2	-
Η. Χρήση γνώσεων: Επιστήμονες: Απαραίτητη χρήση γνώσεων / Καλλιτέχνες: Μη απαραίτητη χρήση γνώσεων	«Πιστεύω πως στο κάθε επάγγελμα (ή επιστήμονας ή καλλιτέχνης κλπ) χρησιμοποιεί διαφορετικά την έννοια της δημιουργικότητας αλλά η γνώμη μου είναι ότι ο καλλιτέχνης χρησιμοποιεί απλά τη φαντασία του για να δημιουργήσει ενώ ο επιστήμονας απαιτείται να έχει πολλές γνώσεις για να επιτύχει κάτι σωστό και ολοκληρωμένο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Ι. Προσανατολισμός είδους προϊόντος: Επιστήμονες: Καθορίζεται από τις ανάγκες της ανθρωπότητας / Καλλιτέχνες: Δεν υπάρχει περιορισμός	«Υπάρχει μεγάλη διαφορά. Οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους αλλά μπορούν να εκφραστούν και να δημιουργήσουν ελεύθερα. Αντίθετα, οι επιστήμονες πρέπει να δημιουργήσουν, να ανακαλύψουν ένα συγκεκριμένο πράγμα το οποίο το έχει ανάγκη η επιστήμη εκείνη τη στιγμή.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-
Κ. Τρόπος χρήσης δημιουργικότητας: Επιστήμονες: Με τη δημιουργικότητα κατευθύνονται στα προϊόντα τους / Καλλιτέχνες: Με τη δημιουργικότητα παράγουν τα	«Οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους για να παράξουν τα έργα τους ενώ οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους για να βρουν τρόπους ώστε να παράξουν τα προϊόντα τους» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1

προϊόντα τους				
Λ. Είδος προϊόντος: Επιστήμονας: Θεωρίες Καλλιτέχνες: Τραγούδια, πίνακες	«Η ουσιαστική διαφορά που υπάρχει κατά την γνώμη μου είναι ότι παράγουν διαφορετικό προϊόν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	F=1
<b>2. Δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη χρήση της δημιουργικότητας από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες</b>	«Σίγουρα υπάρχει κάποια διαφορά στις δύο περιπτώσεις αλλά δεν είναι μεγάλη αφού και στις δύο περιπτώσεις και οι δύο χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	-	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των φοιτητών συνέχισε να υποστηρίζει ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες, όσον αφορά στη χρήση της δημιουργικότητας. Η συχνότητα εμφάνισης της επιθυμητής δήλωσης σχετικά με τον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης αυξήθηκε, αφού πλέον 20 συνολικά φοιτητές την περιέλαβαν στην τελική τους απάντηση (Υποκατηγορία 1Α). Στην εν λόγω δήλωση αναφέρθηκαν και κατά τη διάρκεια της συνέντευξης κάποιοι φοιτητές, όπως φαίνεται στο ακόλουθο απόσπασμα:

**Ερευνητής:** Άρα αφού ένας επιστήμονας επινοεί, και ένας καλλιτέχνης επινοεί, χρησιμοποιεί τη φαντασία του, τη δημιουργικότητα του, νομίζεις ότι υπάρχει κάποια διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δύο περιπτώσεις;

**Φοιτήτρια:** Ναι γιατί ο καλλιτέχνης επινοεί με την φαντασία του και δεν το επηρεάζει κάποια άλλη παράμετρος, ενώ τον επιστήμονα, τον επηρεάζουν τα δεδομένα που προκύπτουν και οι παρατηρήσεις του.

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Γ)

Κάποιες άλλες δηλώσεις που εμφανίστηκαν κατά την κωδικοποίηση των τελικών απαντήσεων, αφορούσαν στο διαφορετικό στόχο ανάμεσα στους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες (Υποκατηγορία 1Β), στη διαφορά ως προς τον χρόνο και τις διεργασίες που προηγούνται για την ολοκλήρωση του έργου τους (Υποκατηγορία 1Γ), στον βαθμό επίδρασης πιθανού λάθους στον κόσμο (Υποκατηγορία 1Δ) κτλ. Επιπρόσθετα, τρεις φοιτητές υποστήριξαν ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ειδικότητες αφού και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιείται δημιουργικότητα, αδυνατώντας να αναγνωρίσουν τη

σημασία του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης (Κατηγορία 2). Τέλος, δύο απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν σαν άσχετες, λόγω του ότι αναφέρονταν αποκλειστικά στο έργο των επιστημόνων, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά στη διαφοροποίηση τους με τους καλλιτέχνες (Κατηγορία 3). Ο έλεγχος Kruskal Wallis Test φανέρωσε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον τρόπο απάντησης των φοιτητών των τριών ομάδων ( $\chi^2(2) = 0.140$ ,  $p > 0.05$ ). Αντίστοιχα, ο έλεγχος Mann Whitney, υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν διαφορές, ούτε ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες ( $U(12,15) = 87.000$ ,  $Z = -0.169$ ,  $p > 0.05$ ), Τέλος, ο έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test φανέρωσε ότι καμία από τις τρεις ομάδες δεν είχε στατιστικά σημαντική βελτίωση (Ομάδα Α:  $Z(13) = -1.732$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(12) = -1.000$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Γ:  $Z(15) = -1.890$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 30. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 4 / ερώτημα Γ - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β	Μ.Α. Ομάδα Γ
<b>1. Υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη χρήση της δημιουργικότητας από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες</b>		N=13	N=10	N=12
Α. Χρήση δεδομένων: Επιστήμονες: στηρίζονται σε δεδομένα, παρατηρήσεις, θεωρίες / Καλλιτέχνες: δεν στηρίζονται σε δεδομένα	«Ότι οι καλλιτέχνες απλά δημιουργούν κάτι δικό τους το οποίο δεν βασίζεται σε κάτι άλλο. Οι επιστήμονες όμως με βάση τις παρατηρήσεις που κάνουν πρέπει να χρησιμοποιήσουν τη δημιουργικότητα τους η οποία θα βασίζεται με τις παρατηρήσεις τους» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=6	F=6	F=8
Β. Στόχος: Επιστήμονες: Ερμηνεία φαινομένων – βελτίωση ανθρωπότητας / Καλλιτέχνες: Ψυχαγωγία	«Οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους για να εμπλουτίσουν το έργο τους (όποιας μορφής και αν είναι). Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους για να επινοήσουν οντότητες που θα τους βοηθήσουν να εξηγήσουν φαινόμενα από το φυσικό κόσμο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=2	F=1	F=2
Γ. Χρόνος και διεργασίες που προηγούνται της παραγωγής προϊόντων: Επιστήμονες: Μακροχρόνια	«Ναι γιατί οι επιστήμονες προχωρούν σε πειράματα και έρευνες για να καταλήξουν στο αποτέλεσμα που θέλουν ενώ οι καλλιτέχνες από βιώματα τους και την φαντασία τους.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=3	-	-

πειράματα / Καλλιτέχνες: Δεν απαιτείται πολύς χρόνος και ειδικές διεργασίες				
Δ. Βαθμός επίδρασης: Επιστήμονες: Επηρεάζουν τον κόσμο / Καλλιτέχνες: Δεν επηρεάζουν τον κόσμο	«Ναι υπάρχει μια διαφορά γιατί αν οι καλλιτέχνες κάνουν κάποιο λάθος δεν θα υπάρχει αντίκτυπος στην ανθρωπότητα ενώ αν ο επιστήμονας κάνει λάθος θα επηρεαστούν διάφοροι παράγοντες που αφορούν την επιστήμη. Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι επιστήμονες δουλεύουν και τα αποτελέσματα τους επηρεάζουν τον κόσμο και έτσι πρέπει να είναι πολύ πιο προσεκτικοί από ότι οι καλλιτέχνες» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	F=1	-	F=2
Ε. Ανάγκη αξιολόγησης προϊόντος: Επιστήμονες: Απαραίτητη αξιολόγηση / Καλλιτέχνες: Μη απαραίτητη αξιολόγηση	«Οι επιστήμονες πρέπει να είναι πολύ σίγουροι για τα προϊόντα τους που θα βγάλουν προς τα έξω γιατί θα κρίνονται πιο σοβαρά από τους καλλιτέχνες που μπορούν να δημιουργήσουν κάτι που δεν θα αξιολογηθούν αυστηρά» <b>Φοιτητής, Ομάδα Γ</b>	F=1	F=1	F=1
Ζ. Περιθώριο λάθους: Επιστήμονες: Δεν υπάρχει περιθώριο λάθους / Καλλιτέχνες: Δεν υπάρχει λάθος	«... Η μόνη ουσιαστική διαφορά είναι ότι ο καλλιτέχνης δικαιούται να κάνει λάθος και να το διορθώσει, δεν θα έρθει κάποιος να τον κατηγορήσει ότι έκανε κάποια ανεπανόρθωτη ζημιά. Ενώ ο επιστήμονας πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός για αυτά που θα δημοσιεύσει.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-
Η. Χρήση γνώσεων: Επιστήμονες: Απαραίτητη χρήση γνώσεων / Καλλιτέχνες: Μη απαραίτητη χρήση γνώσεων	«... Η διαφορά τους όμως είναι πως οι καλλιτέχνες μπορούν να εκφραστούν και να δημιουργήσουν άσχετα αν υπάρχουν ή όχι γνώσεις στο αντικείμενο τους. Οι επιστήμονες όμως για να λέγονται έτσι σημαίνει πως στο χώρο που βρίσκονται είναι λόγω των γνώσεων που συνεχώς αυξάνονται αλλά και λόγω της αξιοπιστίας τους. Αν δεν γνώριζαν πολύ καλά το αντικείμενο τους σημαίνει πως δεν μπορούν να συνεχίσουν» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-	-
Θ. Είδος προϊόντος: Επιστήμονες: Θεωρίες Καλλιτέχνες: Τραγούδια, πίνακες	«Ναι γιατί οι επιστήμονες χρησιμοποιούν την δημιουργικότητα για να εξηγήσουν κάποιες θεωρίες και πειράματα που δεν μπορούν να πουν στους ανθρώπους και τα έχουν παρατηρήσει και οι καλλιτέχνες την χρησιμοποιούν για να συνθέσουν ένα τραγούδι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-
Ι. Βαθμός μονιμότητας προϊόντων: Επιστήμονες: Οι θεωρίες μπορεί να αναθεωρηθούν / Καλλιτέχνες: Δύσκολα αναθεωρούνται τραγούδια	«Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους για να ερμηνεύσουν μια θεωρία η οποία μπορεί να αναθεωρηθεί και να αλλάξει. Ενώ οι καλλιτέχνες π.χ. τραγουδιστές συνθέτουν ένα τραγούδι το οποίο δεν μπορεί να αναθεωρηθεί τόσο εύκολο. Είναι κάτι μόνιμο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1	-

<b>2. Δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη χρήση της δημιουργικότητας από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες</b>	<i>«Κατά την γνώμη μου δεν υπάρχει κάποια ουσιαστική διαφορά λόγω του ότι και οι δύο χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους ώστε να μπορέσουν να ανακαλύψουν καινούρια πράγματα»</i> <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Γ</b>	-	N=1	N=2
<b>3. Άσχετη απάντηση</b>	<i>«Ναι διότι οι επιστήμονες οι επιστήμονες κάνουν τις διάφορες ερμηνείες μέσω της δημιουργικότητας για να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα και πάντα υπάρχει η πιθανότητα αμφισβήτησης των θεωριών τους αν συγκροούνται οι παρατηρήσεις με τις ερμηνείες.»</i> <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=1	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Μεθοδολογία – 2<sup>η</sup> μελέτη

#### 5.1. Συμμετέχοντες – Πλαίσιο εφαρμογής

- *Δείγμα έρευνας:*

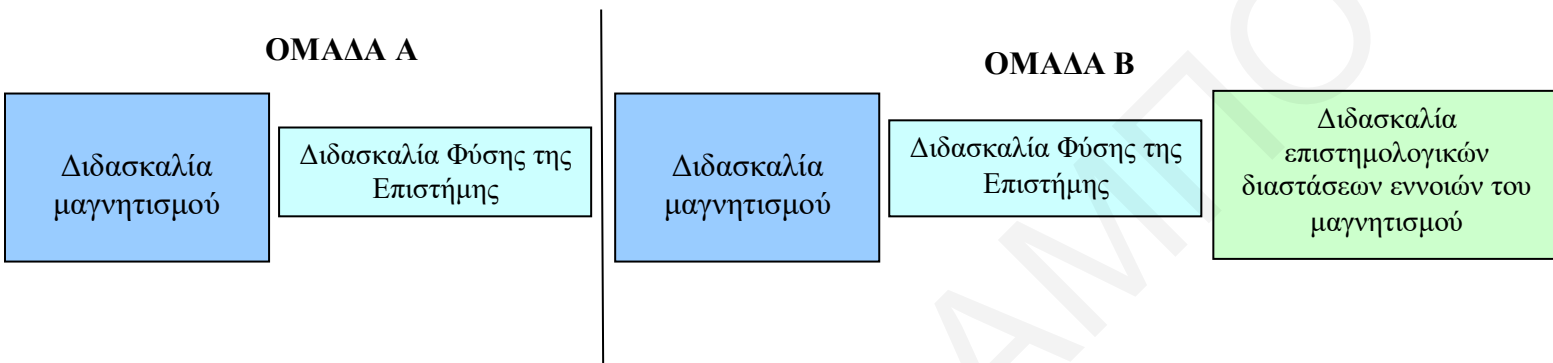
Η δεύτερη μελέτη, όπως και η πρώτη, πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος ΕΠΑ 286: Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό σχολείο, του τμήματος Επιστημών της Αγωγής στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, με τη μόνη διαφορά ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια διαφορετικού ακαδημαϊκού εξαμήνου (Χειμερινό Εξάμηνο 2015). Σε αυτή την περίπτωση, οι συμμετέχοντες ήταν 33 προπτυχιακοί φοιτητές, οι οποίοι διδάχθηκαν δύο θεματικές ενότητες κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Στις πρώτες συναντήσεις, ασχολήθηκαν με τη θεματική ενότητα «Ηλεκτρικά κυκλώματα» και στη συνέχεια με την ενότητα «Μαγνητικές ιδιότητες Υλικών». Για αυτό το λόγο, η συγκεκριμένη μελέτη διήρκησε μόνο έξι 90λεπτά μαθήματα, όσο δηλαδή και οι συναντήσεις που αφορούσαν στον μαγνητισμό.

- *Πλαίσιο εφαρμογής:*

Για τη διερεύνηση των τριών τελευταίων ερευνητικών ερωτημάτων της παρούσας έρευνας, πραγματοποιήθηκε μια άλλη μελέτη, η οποία εστιάστηκε αποκλειστικά σε αυτά. Για τη μελέτη των εν λόγω ερωτημάτων δημιουργήθηκαν δύο ομάδες φοιτητών (Ομάδα Α: N = 15, Ομάδα Β: N = 18). Και στις δύο ομάδες (Διάγραμμα 9) υπήρχε ενσωματωμένη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης, στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Παρόλα αυτά η διαφορά τους, σχετιζόταν με το ότι στην ομάδα ελέγχου (ομάδα Α) δεν γινόταν οποιαδήποτε αναφορά στις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, ενώ στην πειραματική ομάδα (ομάδα Β) πραγματοποιούνταν σχετικές ρητές συζητήσεις, κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Με άλλα λόγια, μόνο στη μια περίπτωση οι φοιτητές είχαν την ευκαιρία να αναστοχαστούν συνειδητά για το πώς οι διάφορες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης εφαρμόζονται στην περίπτωση της έννοιας του μαγνητισμού. Για παράδειγμα, οι συμμετέχοντες της ομάδας Β συζητούσαν στο πλαίσιο του διδακτικού υλικού, για το ότι και στην περίπτωση της θεωρίας του μαγνητισμού υπάρχουν επινοημένες έννοιες, όπως οι μαγνητικοί πόλοι, το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές. Αντίθετα, στην περίπτωση της ομάδας Α, δεν υπήρχε στο διδακτικό υλικό δραστηριότητα που να καλούσε τους φοιτητές να προβληματιστούν για σχετικά ζητήματα, απλά οι συζητήσεις για την επινόηση αφορούσαν σε ένα γενικότερο πλαίσιο της επιστήμης (Φύση της Επιστήμης). Όπως και στην περίπτωση της πρώτης μελέτης, όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των δύο διδασκαλιών ήταν



τα ίδια, αφού οι συμμετέχοντες εργάζονταν με βάση το πρότυπο «Φυσική με διερώτηση». Δηλαδή, εργάζονταν σε μικρές ομάδες όπου πραγματοποιούσαν πειράματα και σε συγκεκριμένα σημεία του διδακτικού υλικού συζητούσαν με τον εκπαιδευτικό, με απώτερο στόχο την οικοδόμηση αντίστοιχης γνώσης, ανάλογα με το διδακτικό υλικό που εφαρμόστηκε σε κάθε περίπτωση.



Διάγραμμα 9. Μεθοδολογικός σχεδιασμός 2<sup>ης</sup> μελέτης

Για την απάντηση του 1<sup>ου</sup> ερευνητικού ερωτήματος της δεύτερης μελέτης, αξιοποιήθηκαν τα εμπειρικά δεδομένα κυρίως από την ομάδα Α, όπου οι φοιτητές δεν συζητούσαν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού. Με αυτό τον τρόπο διερευνήθηκε το αν η κατανόηση για τέτοιου είδους στοιχεία, προκύπτει αυθόρμητα μέσα από τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης ή αν προϋποθέτει ρητή διδασκαλία.

Για τη διερεύνηση του αν η διδασκαλία των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού σχετίζεται με την ενίσχυση της ικανότητας των φοιτητών να εφαρμόζουν έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα (ερευνητικό ερώτημα 2), συγκρίθηκαν οι απαντήσεις των φοιτητών σχετικά με την κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου, μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης.

Τέλος, όσον αφορά στο 3<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα της δεύτερης μελέτης, πάλι έγινε σύγκριση των τελικών απαντήσεων των συμμετεχόντων, αυτή τη φορά σχετικά με τις πτυχές της Φύσης της Επιστήμης. Η διερεύνηση αυτή οδήγησε στο συμπέρασμα σχετικά με το αν η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού ενισχύει την κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης.

## 5.2. Περιγραφή διδακτικού υλικού

Στο πλαίσιο της δεύτερης μελέτης, όπως και στην πρώτη, το διδακτικό υλικό στόχευε τόσο στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης για το φαινόμενο του μαγνητισμού, όσο

και στη βελτίωση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης, καθώς επίσης και στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού. Συγκεκριμένα, όσον αφορά στον τελευταίο στόχο, επιδιώχθηκε η αναγνώριση από πλευράς των συμμετεχόντων, της διαφορετικής οντολογικής υπόστασης της κάθε έννοιας του μαγνητισμού (π.χ. η έννοια του μαγνήτη αναφέρεται σε ένα φυσικό αντικείμενο, η έννοια της έλξης και της άπωσης αναφέρεται σε μια παρατήρηση, η έννοια του μαγνητικού πεδίου αναφέρεται σε μια επινοημένη οντότητα), καθώς της επιστημολογικής της αξίας.

Στην περίπτωση της δεύτερης μελέτης, εφαρμόστηκε μια περιορισμένη εκδοχή του διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκε στο πλαίσιο της 1<sup>ης</sup> μελέτης, το οποίο περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3, λόγω του ότι η εφαρμογή διήρκεσε μόνο έξι 90λεπτες συναντήσεις. Συγκεκριμένα, οι ενότητες ήταν μόνο τέσσερις, και όχι επτά όπως ήταν στην περίπτωση της πρώτης μελέτης. Στην πρώτη ενότητα οι συμμετέχοντες ασχολήθηκαν με τα τρία είδη αλληλεπιδράσεων (έλξη και άπωση, έλξη, καμία αλληλεπίδραση) που παρουσιάζονται όταν πλησιάσουμε έναν μαγνήτη με διάφορα αντικείμενα. Κατά τη διάρκεια της επόμενης ενότητας, υπήρχε πειραματισμός με διάφορους μαγνήτες, με στόχο τις συζητήσεις για τους μαγνητικούς πόλους. Στα δύο τελευταία κεφάλαια, γίνονταν συζητήσεις για το μαγνητικό πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές.

Σε αυτή την μελέτη, υπήρχαν δυο εκδοχές του διδακτικού υλικού, όπου και οι δύο περιλάμβαναν δραστηριότητες, τόσο σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης όσο και για το εννοιολογικό περιεχόμενο για τους μαγνήτες. Η διαφορά των δύο, είναι ότι στη μια περίπτωση (ομάδα Β) οι συζητήσεις για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης γίνονταν στο πλαίσιο επεξεργασίας του φαινομένου του μαγνητισμού (ταυτόχρονη διδασκαλία), ενώ στην άλλη περίπτωση (ομάδα Α) οι συζητήσεις γίνονταν σε ένα γενικότερο πλαίσιο (παράλληλη διδασκαλία). Σαν αποτέλεσμα αυτής της διαφοροποίησης, οι συμμετέχοντες της δεύτερης ομάδας συζητούσαν ρητά για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, ενώ η πρώτη ομάδα όχι. Για παράδειγμα, όπως και στην περίπτωση των πειραματικών ομάδων της πρώτης μελέτης, στην ομάδα Β υπήρχαν δραστηριότητες όπου σχετίζονταν με την επινοημένη φύση της έννοιας του μαγνητικού πόλου, των μαγνητικών γραμμών και των μαγνητικών πόλων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα δραστηριότητας είναι το ακόλουθο:

Με βάση τα όσα γνωρίζετε μέχρι στιγμής, θεωρείται ότι οι μαγνητικές γραμμές αποτελούν αντικείμενα του φυσικού κόσμου; Αν ναι, εξηγήστε πώς το ξέρετε. Αν όχι, τότε πώς προέκυψαν; (Ενημερώστε κατάλληλα το Φυλλάδιο Εργασίας με τις οντολογικές κατηγορίες.)

Η αντίστοιχη δραστηριότητα στην περίπτωση της ομάδα Α, περιοριζόταν στη συζήτηση του αν υπάρχει επινόηση γενικά στην επιστήμη, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού:

Διαβάστε προσεκτικά τον πιο κάτω διάλογο:

**Φοιτητής 1:** «Στόχος της επιστήμης είναι η επεξήγηση διαφόρων φαινομένων. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, οι επιστήμονες επινοούν διάφορες οντότητες, οι οποίες τους βοηθούν στην ερμηνεία των φαινομένων.»

**Φοιτητής 2:** «Διαφωνώ. Οι επιστήμονες δεν επινοούν τις οντότητες. Απλά επινοούν διάφορες ονομασίες για κάποιες οντότητες τις οποίες παρατήρησαν.»

Συμφωνείτε με τον φοιτητή 1, τον φοιτητή 2 ή κανένα από τους δύο; Εξηγήστε τον συλλογισμό σας.

### 5.3. Μέσα συλλογής δεδομένων

Παρόλο που η δεύτερη μελέτη επιδίωκε στη διερεύνηση διαφορετικών ερευνητικών ερωτημάτων, σε σχέση με την πρώτη μελέτη, εντούτοις κατά την πραγματοποίησή της, χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό κοινά μέσα συλλογής δεδομένων. Και σε αυτή την περίπτωση, συλλέχθηκαν δεδομένα μέσω: α) γραπτών έργων αξιολόγησης και β) ημι-δομημένων ατομικών συνεντεύξεων.

#### 5.3.1. Γραπτά έργα αξιολόγησης

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, αξιοποιήθηκαν τριών κατηγοριών γραπτά έργα αξιολόγησης (Παράρτημα). Συγκεκριμένα, κάποια εστιάζονταν στην αξιολόγηση του βαθμού εννοιολογικής κατανόησης για τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού (N=2), κάποια άλλα επιδίωκαν στην αξιολόγηση της κατανόησης συγκεκριμένων πτυχών της Φύσης της Επιστήμης (N=3), και τέλος υπήρχαν μερικά έργα που αφορούσαν στις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού (N=3). Όπως και στην περίπτωση της πρώτης μελέτης, αξιοποιήθηκαν έτοιμα έργα αξιολόγησης (π.χ. Aikenhead, Ryan & Fleming, 1989 – VOSTS; McDermott, et al., 1996) ή τροποποιήθηκαν εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της προηγούμενης μελέτης. Υπήρχαν και περιπτώσεις, κυρίως όσον αφορά στα έργα αξιολόγησης για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, που υπήρχε ανάγκη για δημιουργία καινούριων έργων αξιολόγησης, εφόσον δεν υπήρχαν διαθέσιμα αντίστοιχα εργαλεία στη βιβλιογραφία.

Όλα τα έργα αξιολόγησης χορηγήθηκαν σε δύο σημεία της διδακτικής παρέμβασης, όπως και στην περίπτωση της πρώτης μελέτης, στην αρχή και στο τέλος των διδασκαλιών. Επιπρόσθετα, τα γραπτά έργα αξιολόγησης δεν διαφοροποιήθηκαν ανάλογα με την ομάδα των συμμετεχόντων. Δηλαδή παρόλο που στο πλαίσιο της δεύτερης μελέτης, στην ομάδα ελέγχου δεν πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, εντούτοις δόθηκαν και στους συγκεκριμένους συμμετέχοντες τα αντίστοιχα έργα αξιολόγησης, για να ελέγξουμε αν η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας προκύπτει χωρίς την αντίστοιχη διδασκαλία.

### **5.3.1.1. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης**

Έργο αξιολόγησης 1:

Το πρώτο έργο αξιολόγησης που αφορούσε στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού και συγκεκριμένα στην κατανόηση του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών, ήταν το ίδιο που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της πρώτης μελέτης (έργο αξιολόγησης 6 – ερώτημα Α). Στο συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης, δόθηκε στους φοιτητές μια εικόνα στην οποία απεικονίζονταν τρεις πυξίδες, οι οποίες ήταν τοποθετημένες γύρω από έναν μαγνήτη, και έπρεπε αρχικά να σχεδιάσουν το πώς πίστευαν ότι θα προσανατολιζόνταν αυτές οι πυξίδες. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες της έρευνας έπρεπε να αιτιολογήσουν τους προσανατολισμούς που σχεδίασαν και να εξηγήσουν το σκεπτικό τους.

Έργο αξιολόγησης 2:

Το δεύτερο έργο αξιολόγησης περιλάμβανε τρία επιμέρους ερωτήματα. Στο πρώτο ερώτημα, δόθηκε στους φοιτητές ένα διάγραμμα που απεικόνιζε τις μαγνητικές γραμμές γύρω από έναν μαγνήτη, και τους ζητήθηκε να εντοπίσουν τους πόλους του εν λόγω μαγνήτη, χρησιμοποιώντας την πληροφόρηση από το διάγραμμά των μαγνητικών γραμμών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ουσιαστικά αξιολογούσαμε το αν οι συμμετέχοντες της έρευνας κατανοούσαν ότι τα σημεία από τα οποία ξεκινούν και καταλήγουν οι μαγνητικές γραμμές, αποτελούν τους πόλους του μαγνήτη. Επιπλέον πάνω στο διάγραμμα των μαγνητικών γραμμών υπήρχαν σημειωμένα δύο σημεία, το ένα κοντά σε πολλές μαγνητικές γραμμές και το άλλο πιο μακριά, στα οποία οι φοιτητές έπρεπε να υποθέσουν ότι θα τοποθετούσαν δύο συνδεδηράκια. Έτσι λοιπόν, κατά την απάντηση του δεύτερου ερωτήματος, οι συμμετέχοντες έπρεπε να προβλέψουν σε ποιο από τα δύο σημεία θα παρατηρούσαν μεγαλύτερη αλληλεπίδραση ανάμεσα στο συνδεδηράκι και τον μαγνήτη, δικαιολογώντας την επιλογή τους.

Ουσιαστικά, μέσω αυτού του ερωτήματος θέλαμε να ελέγξουμε αν οι φοιτητές κατανοούσαν ότι το πόσο πυκνές είναι οι μαγνητικές γραμμές καθορίζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Επειδή δεν θέλαμε να επηρεάσουμε την απάντηση των φοιτητών, στις οδηγίες του ερωτήματος δεν έγινε καμία αναφορά στην έννοια του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών. Όμως, μετά τη συμπλήρωση του συγκεκριμένου ερωτήματος, δόθηκε στους φοιτητές ένα επιπλέον ερώτημα, στο οποίο παρακινούνταν να απαντήσουν στο προηγούμενο ερώτημα, σκεπτόμενοι την έννοια των μαγνητικών γραμμών και του μαγνητικού πεδίου.

### **5.3.1.2. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης**

Έργο αξιολόγησης 1:

Ένα άλλο κοινό έργο αξιολόγησης, ανάμεσα στην 1<sup>η</sup> και τη 2<sup>η</sup> μελέτη, με μικρές τροποποιήσεις, ήταν το έργο αξιολόγησης σχετικά με την προέλευση των επιστημονικών θεωριών (2<sup>ο</sup> έργο αξιολόγησης στην 1<sup>η</sup> μελέτη). Στο συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης υπήρχε ο διάλογος ανάμεσα σε δύο μαθητές όπου ο ένας υποστήριζε ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν τις επιστημονικές θεωρίες, αφού αυτές προϋπήρχαν στον κόσμο και απλά οι επιστήμονες τις έφεραν στην επιφάνεια. Αντίθετα, ο άλλος μαθητής υποστήριζε ότι οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν προϊόν επινόησης, αφού προκύπτουν από τη δημιουργικότητα των επιστημόνων. Οι φοιτητές σε αυτό το έργο αξιολόγησης κλήθηκαν να απαντήσουν αν συμφωνούν με κάποιο από τους δύο μαθητές και στη συνέχεια να εξηγήσουν τον συλλογισμό τους.

Έργο αξιολόγησης 2:

Το δεύτερο έργο αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, που δόθηκε στο πλαίσιο της 2<sup>ης</sup> μελέτης, περιλάμβανε δύο επιμέρους ερωτήσεις. Στην πρώτη ερώτηση, οι φοιτητές καλούνταν να σκεφτούν αρχικά αν υπάρχει επινόηση στην επιστήμη και αν ναι, να περιγράψουν το πώς προστατεύεται ο κλάδος από αυθαιρεσίες. Η δεύτερη ερώτηση αφορούσε στον βαθμό βεβαιότητας που υπάρχει στην επιστήμη και το κατά πόσο τα εμπειρικά δεδομένα διασφαλίζουν την ορθότητα μιας επιστημονικής θεωρίας.

Έργο αξιολόγησης 3:

Τροποποιήσεις δέχθηκε και το έργο αξιολόγησης που αφορούσε στη διάκριση παρατηρήσεων και ερμηνειών που δόθηκε στο πλαίσιο της 1<sup>ης</sup> μελέτης (1<sup>ο</sup> έργο αξιολόγησης

στην 1<sup>η</sup> μελέτη). Στην αναθεωρημένη εκδοχή του συγκεκριμένου έργου, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες της έρευνας να δώσουν ένα παράδειγμα παρατήρησης και ερμηνείας για μια θεματική ενότητα, εκτός από τον μαγνητισμό, και στη συνέχεια έπρεπε να αναφέρουν κάποια γενικά κριτήρια, με βάση τα οποία διαχώριζαν οι ίδιοι τις παρατηρήσεις από τις ερμηνείες.

### **5.3.1.3. Έργα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κατανόησης για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού**

Έργο αξιολόγησης 1:

Στον ρόλο της επινόησης αναφερόταν και το πρώτο έργο αξιολόγησης σχετικά με τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, όπου υπήρχε πάλι ο διάλογος ανάμεσα σε δύο μαθητές σχετικά με το αν επιστήμονες επινοούν έννοιες ή αναφέρονται μόνο σε πράγματα που παρατηρούν. Στην περίπτωση που οι φοιτητές θεωρούσαν ότι υπάρχει επινόηση στην επιστήμη, έπρεπε να προσδιορίσουν ένα παράδειγμα επινόησης από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού.

Έργο αξιολόγησης 2:

Το συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης επιδίωκε στην αξιολόγηση της κατανόησης των φοιτητών για τη φύση της έννοιας του μαγνητικού πεδίου. Για αυτό τον λόγο, παρατέθηκε ένας διάλογος μεταξύ δύο μαθητών, οι οποίοι συζητούσαν για το αν το μαγνητικό πεδίο μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα ή όχι. Συγκεκριμένα, ο πρώτος μαθητής υποστήριζε πως όταν ρίξουμε ρινίσματα σιδήρου γύρω από ένα μαγνήτη, τότε σχηματίζεται το μαγνητικό πεδίο, με αποτέλεσμα να το παρατηρούμε άμεσα. Αντίθετα, ο δεύτερος μαθητής ανέφερε πως αυτό που σχηματίζεται δεν είναι το μαγνητικό πεδίο, αλλά κάτι που μας δίνει πληροφορίες για αυτό, αφού το πεδίο δεν μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα. Οι συμμετέχοντες της έρευνας σε αυτό το σημείο, κλήθηκαν να απαντήσουν με ποιο από τους δύο μαθητές συμφωνούσαν και να εξηγήσουν και πάλι το σκεπτικό τους.

Έργο αξιολόγησης 3:

Η κατανόηση των φοιτητών για την επινοημένη φύση του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών, αξιολογήθηκε μέσω ενός δεύτερου έργου αξιολόγησης. Στο εν λόγω έργο, παρατέθηκε στους συμμετέχοντες της έρευνας, ένας διάλογος ανάμεσα σε δύο μαθητές, οι οποίοι συζητούσαν για το αν το μαγνητικό πεδίο μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα ή όχι. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος μαθητής υποστήριζε ότι παρόλο που το μαγνητικό πεδίο είναι μια υπαρκτή οντότητα, εντούτοις δεν υπάρχουν τα κατάλληλα μέσα για να

παρατηρηθεί. Αντίθετα, ο δεύτερος μαθητής υποστήριξε ότι το μαγνητικό πεδίο παρατηρείται και στις μέρες μας, μέσω του πειράματος με τα ρινίσματα σιδήρου.

### **5.3.2. Ημι-δομημένες ατομικές συνεντεύξεις**

Το δεύτερο μέσο συλλογής δεδομένων ήταν κάποιες ατομικές ημι-δομημένες συνεντεύξεις. Συγκεκριμένα, στη 2<sup>η</sup> μελέτη, 17 φοιτητές δέχτηκαν να συμμετέχουν στις συνεντεύξεις πριν τη διδακτική παρέμβαση (Ομάδα Α: N = 9, Ομάδα Β: N = 8) και 13 φοιτητές μετά τη διδακτική παρέμβαση (Ομάδα Α: N = 9, Ομάδα Β: N = 4). Το εν λόγω μέσο είχε συμπληρωματικό ρόλο, αφού και σε αυτή την περίπτωση όπως και στην πρώτη μελέτη, οι ερωτήσεις στο πρωτόκολλο συνέντευξης ήταν σε μεγάλο βαθμό κοινές με αυτές που υπήρχαν στα γραπτά έργα αξιολόγησης.

### **5.4. Διαχείριση ηθικών ζητημάτων**

Κατά την υλοποίηση της έρευνας, στόχος μας ήταν η ηθικά σωστή αντιμετώπιση των συμμετεχόντων. Έτσι, από την αρχή της διδακτικής παρέμβασης, οι φοιτητές ενημερώθηκαν για τον ερευνητικό χαρακτήρα του μαθήματος στο οποίο συμμετείχαν και ερωτήθηκαν για το ποιοι επιθυμούσαν να συμμετέχουν εθελοντικά στις συνεντεύξεις.

### **5.5. Ανάλυση δεδομένων**

Μετά την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων και την τελευταία συλλογή δεδομένων, ακολούθησε η ανάλυση των δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο, όπως και στην περίπτωση της πρώτης μελέτης, ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές διαδικασίες ανάλογα με το αν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν προέρχονταν από ένα έτοιμο ή καινούριο έργο αξιολόγησης. Στην πρώτη περίπτωση, επιχειρήθηκε η εφαρμογή των υφιστάμενων κατηγοριών. Στην περίπτωση που είχαμε να κάνουμε με δεδομένα από καινούρια έργα αξιολόγησης, έγινε η ποιοτική κατηγοριοποίηση των δεδομένων μέσα από την ακολουθία του προτύπου «content analysis» (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Επιπλέον, έγιναν οι απομαγνητοφωνήσεις και η κωδικοποίηση των συνεντεύξεων.

Κατά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας έγινε η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, προκειμένου να μπορέσουμε να απαντήσουμε στα τρία ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης. Στο πλαίσιο απάντησης του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, διερευνήθηκε αν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις των συμμετεχόντων της ομάδας ελέγχου (Ομάδα Α), όσον αφορά στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Για τη διερεύνηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος έγινε η σύγκριση των τελικών απαντήσεων των συμμετεχόντων όσον αφορά στην κατανόηση της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, έχοντας σαν προϋπόθεση ότι οι αρχικές απαντήσεις τους δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τέλος, όσον αφορά στο τρίτο ερώτημα διερευνήθηκε το αν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τελικές απαντήσεις των συμμετεχόντων των δύο ομάδων, όσο αφορά στη Φύση της Επιστήμης, προκειμένου να διαφανεί αν η διδασκαλία των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, συνέβαλε στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης.

## **5.6. Αξιοπιστία και εγκυρότητα έρευνας**

Κατά την υλοποίηση της παρούσας μελέτης, λήφθηκαν διάφορα μέτρα, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί όσο το δυνατό περισσότερο η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της. Τα μέτρα αυτά αφορούσαν τόσο στα μέσα συλλογής δεδομένων, στον σχεδιασμό της έρευνας, όσο και στην κωδικοποίηση των δεδομένων.

### **5.6.1. Μέσα συλλογής δεδομένων**

Ένα από τα μέτρα που λήφθηκαν για τους σκοπούς εγκυρότητας και αξιοπιστίας των μέσων συλλογής δεδομένων, ήταν η αξιοποίηση έτοιμων έργων αξιολόγησης, κυρίως στις περιπτώσεις της αξιολόγησης της εννοιολογικής κατανόησης και της κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης. Στην περίπτωση όπου δεν υπήρχαν έτοιμα έργα αξιολόγησης, κατά κύριο λόγο στην περίπτωση των έργων αξιολόγησης που αναφέρονταν στις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, επιχειρήθηκε αρχικά η τροποποίηση υφιστάμενων έργων αξιολόγησης. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν ήταν εφικτό, δημιουργήθηκαν καινούρια έργα αξιολόγησης, για τα οποία ακολουθήθηκε η διαδικασία εγκυροποίησης. Με άλλα λόγια, ζητήθηκε από έμπειρα άτομα του χώρου της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, να συμπληρώσουν τα έργα αξιολόγησης και να μας δώσουν εισηγήσεις για βελτίωση των εργαλείων. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η συμπλήρωση των τροποποιημένων έργων αξιολόγησης από μεταπτυχιακούς φοιτητές και εφαρμόστηκε το πρωτόκολλο συνέντευξης. Στόχος αυτής της διαδικασίας ήταν ο έλεγχος της συνέπειας των ερωτημάτων με τις απαντήσεις που δόθηκαν. Σαν τελικό στάδιο εγκυροποίησης, έγινε η χορήγηση των έργων αξιολόγησης, στο πλαίσιο μιας πιλοτικής έρευνας, έχοντας σαν απώτερο στόχο την τελειοποίηση της μορφής των εργαλείων.



### 5.6.2. Πραγματοποίηση έρευνας

Κατά τον σχεδιασμό της δεύτερης μελέτης, επιδιώχθηκε η πραγματοποίηση μιας έγκυρης έρευνας, η οποία να μπορούσε να απαντήσει με ασφάλεια τα ερευνητικά της ερωτήματα. Έτσι, παρόλο που οι δύο ομάδες που συμμετείχαν στην έρευνα, διέφεραν ως προς το περιεχόμενο των διδασκαλιών, εντούτοις όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές που σχετίζονταν με την έρευνα παρέμειναν σταθερές. Για παράδειγμα, η διάρκεια των διδασκαλιών, οι διδάσκοντες και ο τρόπος εργασίας των φοιτητών ήταν τα ίδια. Επιπλέον, τα δεδομένα, τόσο τα αρχικά όσο και τα τελικά, λήφθηκαν στο ίδιο σημείο στην ομάδα ελέγχου και στην πειραματική ομάδα. Τέλος, έγινε προσπάθεια για τη δημιουργία ισοδύναμων ομάδων, προκειμένου να ενισχυθεί το επιχείρημα ότι η οποιαδήποτε διαφοροποίηση που πιθανόν να παρατηρήθηκε στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων, οφειλόταν στο περιεχόμενο των διδασκαλιών που εφαρμόστηκαν.

### 5.6.3. Κωδικοποίηση δεδομένων

Κατά την κωδικοποίηση των δεδομένων, υπήρχε συνεργασία με έναν δεύτερο ερευνητή, ο οποίος ήταν ενημερωμένος για τα ερευνητικά ερωτήματα και το περιεχόμενο της έρευνας. Με τον συγκεκριμένο ερευνητή γίνονταν, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, συζητήσεις για περιπτώσεις δεδομένων, των οποίων η κωδικοποίηση δεν ήταν τόσο εύκολη.

Μετά την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης των δεδομένων, ένας τρίτος ερευνητής κωδικοποίησε ένα μέρος των δεδομένων (20%). Από τη διαδικασία αυτή υπολογίστηκε ο βαθμός σύγκλισης στον τρόπο κωδικοποίησης των δεδομένων, μέσω του στατιστικού ελέγχου Cohen's kappa, ο οποίο φαίνεται για κάθε έργο αξιολόγησης, στον πιο κάτω πίνακα:

Πίνακας 31. Αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας των δεδομένων της 2<sup>ης</sup> μελέτης

Έργα αξιολόγησης	Cohen's kappa
<b>Επιστημολογικές διαστάσεις</b>	
Έργο αξιολόγησης 1	1
Έργο αξιολόγησης 2	1
Έργο αξιολόγησης 3	1
<b>Φύση της Επιστήμης</b>	
Έργο αξιολόγησης 1	1
Έργο αξιολόγησης 2_A	0.774
Έργο αξιολόγησης 2_B	0.767

Έργο αξιολόγησης 3_A	1
Έργο αξιολόγησης 3_B	0.588
<b>Εννοιολογική κατανόηση</b>	
Έργο αξιολόγησης 1	1
Έργο αξιολόγησης 2_A	1
Έργο αξιολόγησης 2_B	1

### 5.7. Περιορισμοί στη μεθοδολογία

Η παρούσα μελέτη, παρουσιάζει τους ίδιους περιορισμούς με την μελέτη 1. Συγκεκριμένα, και σε αυτή την περίπτωση το δείγμα της έρευνας θεωρείται ως αυτοεπιλεγόμενο, αφού οι συμμετέχοντες ήταν προπτυχιακοί φοιτητές του Πανεπιστημίου Κύπρου και δεν επιλέχθηκαν τυχαία. Επιπλέον, ο αριθμός των συμμετεχόντων ήταν περιορισμένος. Τέλος, ένας άλλος περιορισμός στη μεθοδολογία, αποτελεί το γεγονός ότι και η συγκεκριμένη μελέτη, εστιάστηκε μόνο στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Παρόλα αυτά όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3, στόχος της παρούσας έρευνας δεν ήταν η γενίκευση των συμπερασμάτων, αλλά η βελτίωση της κατανόησης μας για τη διασύνδεση της Φύσης της Επιστήμης και της Εννοιολογικής κατανόησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Αποτελέσματα – 2η μελέτη

Στόχος της 2ης μελέτης ήταν αρχικά η διερεύνηση του αν η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, προκύπτει αυθόρμητα, μέσα από τη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης. Επίσης, μέσα από την ανάλυση των δεδομένων επιδιώχθηκε η μελέτη του αν η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού ενισχύσει τον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης (ικανότητας για εφαρμογή εννοιών του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα) και την κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης. Στο κείμενο που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα δεδομένα από την ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών στα γραπτά έργα αξιολόγησης, τόσο για την εννοιολογική κατανόηση, για την κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, όσο και για την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, καθώς και αποσπάσματα από τις συνεντεύξεις. Μέτα την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης τόσο των γραπτών απαντήσεων των φοιτητών όσο και των απαντήσεων που έδωσαν κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων, υπολογίστηκε ο βαθμός συμφωνίας της γενικής τοποθέτησης που πήραν σε κάθε έργο αξιολόγησης. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 32, ο βαθμός συμφωνίας στις περισσότερες περιπτώσεις, ήταν αρκετά υψηλός.

Πίνακας 32. Βαθμός συμφωνίας όσον αφορά στη γενική τοποθέτηση των φοιτητών, κατά τη συμπλήρωση των γραπτών έργων αξιολόγησης και των συνεντεύξεων

Έργο αξιολόγησης	Βαθμός συμφωνίας			
	Π.Δ.-Π.Σ. <sup>5</sup> Ομάδα Α	Π.Δ.-Π.Σ. Ομάδα Β	Μ.Δ.-Μ.Σ. <sup>6</sup> Ομάδα Α	Μ.Δ.-Μ.Σ. Ομάδα Β
<b>Φύση της Επιστήμης</b>				
Έργο αξιολόγησης 1	67% (6/9)	50% (4/8)	100% (9/9)	100%(4/4)
Έργο αξιολόγησης 2_Ερώτημα Β	22% (2/9)	71% (5/7)	44% (4/9)	75%(3/4)
<b>Επιστημολογικές διαστάσεις μαγνητισμού</b>				
Έργο αξιολόγησης 1	-	-	33%(3/9)	67%(2/3)
Έργο αξιολόγησης 2	56% (5/9)	75% (6/8)	67% (6/9)	75%(3/4)
Έργο αξιολόγησης 3	89% (8/9)	63% (5/8)	33% (3/9)	50%(2/4)

<sup>5</sup> Π.Σ.: Προπειραματική συνέντευξη

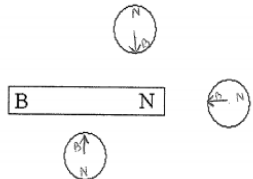
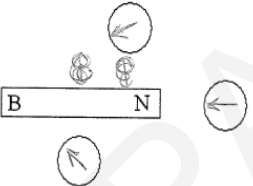
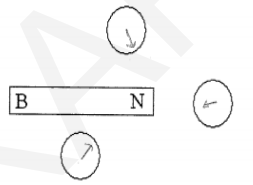
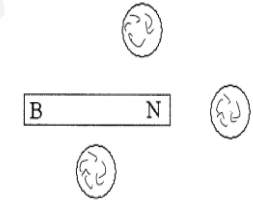
<sup>6</sup> Μ.Σ.: Μεταπειραματική συνέντευξη

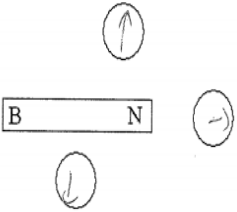
## 6.1. Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση

### Έργο αξιολόγησης 1

Το πρώτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στο πλαίσιο της διερεύνησης του βαθμού κατανόησης της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, ήταν ίδιο με το έκτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης. Και σε αυτή την περίπτωση, οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν τον προσανατολισμό τριών πυξίδων, οι οποίες είχαν τοποθετηθεί κοντά σε έναν μαγνήτη. Ο τρόπος ανάλυσης των απαντήσεων, καθώς και το σχήμα κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκε, ήταν κοινά στις δύο μελέτες. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 33, και στη δεύτερη μελέτη, οι φοιτητές πριν τη διδακτική παρέμβαση, θεωρούσαν ότι ο προσανατολισμός των πυξίδων επηρεάζεται από τον μαγνήτη, όμως δεν ήταν σε θέση να εξηγήσουν με συγκροτημένο τρόπο το σκεπτικό τους (Κατηγορία 3: Ομάδα 1: N=7, Ομάδα 2: N=12). Μόνο δύο φοιτητές συνολικά φάνηκε ότι κατανοούσαν την έλξη ανάμεσα στους αντίθετους πόλους του μαγνήτη και της πυξίδας, όμως οι συγκεκριμένοι δεν κατάφεραν να σχεδιάσουν σωστά τον προσανατολισμό της πυξίδας που βρισκόταν στη μέση του μαγνήτη (Υποκατηγορία 1A). Κατά την ανάλυση των απαντήσεων εντοπίστηκαν ακόμα έξι απαντήσεις, στις οποίες παρουσιαζόταν ένα λανθασμένο σκεπτικό, σχετικά με τον τρόπο επηρεασμού των πυξίδων από τον μαγνήτη (Κατηγορία 2). Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι κάποιοι φοιτητές θεωρούσαν ότι οι πυξίδες προσανατολίζονται πάντα προς τον βόρειο (Υποκατηγορία 2A) ή τον νότιο πόλο του μαγνήτη (Υποκατηγορία 2B). Τέλος, υπήρχε ένας φοιτητής, ο οποίος δήλωσε ότι σχεδίασε τον προσανατολισμό των πυξίδων τυχαία (Κατηγορία 4). Ο στατιστικός έλεγχος των αρχικών απαντήσεων του συγκεκριμένου έργου αξιολόγησης υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες ( $U(12,16) = 94.000$ ,  $Z = -0.113$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 33. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 1\_εγνοιολογική κατανόηση

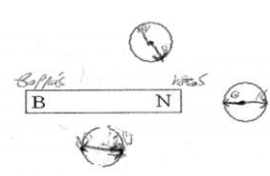
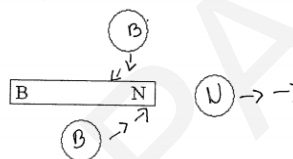
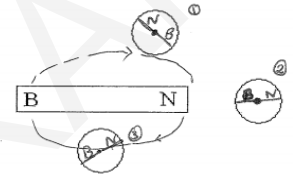
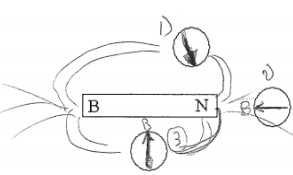
Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη) (λανθασμένη τοποθέτηση πυξίδας που βρίσκεται στο κέντρο)</b>		N=1	N=1
Α.Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, προσανατολίζεται προς το κέντρο του μαγνήτη	 <p>«Σκέφτηκα ότι αφού οι βελόνες είναι μεταλλικές επομένως έλκονται προς τον μαγνήτη με φορά σύμφωνα με τον βορρά άρα προς τον N πόλο του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	1	1
<b>2. Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (λανθασμένο σκεπτικό)</b>		N=3	N=3
Α. Οι πυξίδες προσανατολίζονται ανάλογα με τον βόρειο πόλο του μαγνήτη	 <p>«Όλες οι πυξίδες δείχνουν προς το βορρά» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	2	2
Β. Οι πυξίδες προσανατολίζονται ανάλογα με τον νότιο πόλο του μαγνήτη	 <p>«Οι βελόνες των πυξίδων δείχνουν προς το νότο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	1	1
<b>3.Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (ελλιπής απάντηση)</b>	 <p>«Οι μαγνήτες επηρεάζουν το σύστημα της πυξίδας» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	N=7	N=12
<b>4. Ο μαγνήτης δεν επηρεάζει τον προσανατολισμό των πυξίδων</b>		N=1	-

Α. Τυχαίος σχεδιασμός προσανατολισμού πυξίδων	 <p>«Τυχαία» Φοιτητής, Ομάδα Α</p>	1	-
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>12</b>	<b>16</b>

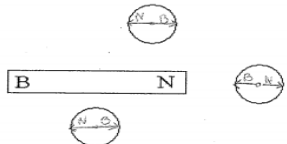
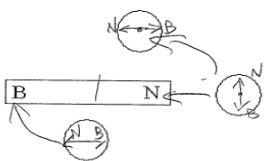
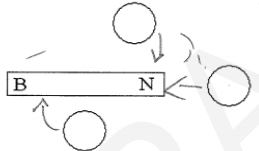
ΜΑΡΙΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΚΗ

Η ανάλυση των τελικών απαντήσεων των φοιτητών υπέδειξε ότι οι δύο ομάδες βελτίωσαν στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις τους, μετά τη διδακτική παρέμβαση (Ομάδα Α:  $Z(11) = -2.058, p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(15) = -3.213, p < 0.05$ ). Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 34, αρκετοί φοιτητές και από τις δύο ομάδες, απάντησαν ορθά στο ερώτημα, κατανοώντας την έλξη ανάμεσα στον βόρειο πόλο της πυξίδας και τον νότιο πόλο του μαγνήτη (Κατηγορία 1). Επιπλέον, φάνηκε ότι ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών, κυρίως της δεύτερης ομάδας, παρόλο που κατανοούσε το πιο πάνω σκεπτικό, εντούτοις απέτυχε να σχεδιάσει ορθά τον προσανατολισμό της πυξίδας που βρισκόταν στο κέντρο του μαγνήτη (Κατηγορία 2). Σε παρόμοια θέση βρέθηκαν δύο μαθητές της Ομάδας Β, οι οποίοι παρόλο που είχαν σωστό σκεπτικό, εντούτοις απέτυχαν να σχεδιάσουν σωστά τον προσανατολισμό της πυξίδας που ήταν τοποθετημένη πάνω από τον μαγνήτη (Κατηγορία 3). Την έλξη των αντίθετων πόλων του μαγνήτη και των πυξίδων φάνηκε να καταλαβαίνουν και οι δύο φοιτητές που κατηγοριοποιήθηκαν στην Κατηγορία 4, οι οποίοι εκδήλωσαν ένα ενδιαφέρον σκεπτικό. Όπως φάνηκε, κυρίως από τον τρόπο σχεδιασμού του προσανατολισμού των πυξίδων, οι εν λόγω συμμετέχοντες θεώρησαν ότι οι δείκτες των πυξίδων ακολουθούσαν κυκλική διαδρομή, όπως οι μαγνητικές γραμμές, οι οποίες ξεκινούν από τον βόρειο πόλο του μαγνήτη και καταλήγουν στον νότιο πόλο. Ο συγκεκριμένος τρόπος σκέψης φανερώνει μια δυσκολία, η οποία προέκυψε μέσα από τη διδασκαλία σχετικά με τις μαγνητικές γραμμές. Τέλος, εντοπίστηκαν οκτώ φοιτητές, οι οποίοι δεν εξέφρασαν κάποιο συγκροτημένο σκεπτικό σχετικά με τον τρόπο επηρεασμού των πυξίδων από τον μαγνήτη (Κατηγορία 5). Ο στατιστικός έλεγχος των τελικών απαντήσεων υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,17) = 115.000, Z = -0.167, p > 0.05$ ).

Πίνακας 34. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 1\_ενοσιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη)</b>		N=6	N=3
A. Ο βόρειος πόλος του μαγνήτη ελκύει τον νότιο πόλο της πυξίδας	 <p>«Ανάλογα σε ποιο πόλο βρισκόταν πιο κοντά η πυξίδα μας έδειχνε και τον προσανατολισμό της. Για παράδειγμα αν η πυξίδα μας ήταν κοντά στο Νότιο πόλο το βελάκι της πυξίδας μας που θα δείχνει τον πόλο μας θα είναι το βόρειο γιατί και η πυξίδα μας είναι μαγνήτης και οι δύο πόλοι απωθούνται και το αντίθετο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b></p>	6	3
<b>2. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη) (λανθασμένη τοποθέτηση πυξίδας που βρίσκεται στο κέντρο)</b>		N=1	N=9
A. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, στρέφεται προς τον νότιο ή τον βόρειο πόλο του μαγνήτη	 <p>«Ο βόρειος πόλος με τον νότιο προκαλούν μια έλξη μεταξύ τους για αυτό και σχεδίασα τα βελάκια προς την ίδια φορά. Αντίθετα, ο νότιος με τον νότιο και ο βόρειος με το βόρειο έχουν μια άπωση μεταξύ τους για αυτό και τα βελάκια είναι αντίθετα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	-	8
B. Ο νότιος πόλος της πυξίδας που βρίσκεται στο κέντρο, προσανατολίζεται προς το νότιο του μαγνήτη	 <p>«Στο 2 ο πόλος και η πυξίδα απωθούνται, άρα ο νότιος της πυξίδας βλέπει προς την αντίθετη κατεύθυνση του μαγνήτη. Με βάση τη σύμβαση και τις μαγνητικές γραμμές, οι γραμμές κινούνται από το βόρειο στο νότιο πόλο για αυτό τις σχεδίασα έτσι στην πυξίδα 1 και 3 και η κάθε μια επηρεάζει το πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b></p>	1	-
Γ. Η πυξίδα που βρίσκεται στο κέντρο, προσανατολίζεται προς το κέντρο του μαγνήτη	 <p>«Το πρώτο σχήμα η βελόνα βρίσκεται πιο κοντά στο νότιο μέρος της πυξίδας έτσι έλκετε περισσότερο. 2: έλκετε με μεγαλύτερη δύναμη από τον νότιο ενώ στο 3 έλκεται και απωθείτε το ίδιο και από τους δύο πόλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	-	1
<b>3. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη) (λανθασμένη τοποθέτηση πυξίδας που βρίσκεται πάνω από το μαγνήτη )</b>		-	N=2



<p>A. Η πυξίδα που βρίσκεται πάνω από το μαγνήτη, έχει αντίθετο προσανατολισμό από τον μαγνήτη</p>	 <p>«Σκέφτηκα ότι ο βόρειος πόλος του μαγνήτη ελκίζει τον νότιο πόλο της πυξίδας ενώ ο νότιος του μαγνήτη τον βόρειο της πυξίδας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b></p>	-	2
<p><b>4. Τόσο κοντά στους πόλους όσο και στο κέντρο του μαγνήτη, οι πυξίδες επηρεάζονται (έλξη αντίθετων πόλων πυξίδας - μαγνήτη) (λανθασμένος σχεδιασμός πυξίδων)</b></p>		N=2	-
<p>A. Ο προσανατολισμός όλων των πυξίδων ακολουθεί κυκλική πορεία, όπως οι μαγνητικές γραμμές</p>	 <p>«Ο βόρειος πόλος του μαγνήτη έλκεται από τον νότιο πόλο της πυξίδας διότι νότιο και νότιο απωθούνται. Το ίδιο και στα άλλα ο βόρειος πόλος του μαγνήτη έλκεται με τον νότιο της πυξίδας.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b></p>	2	
<p><b>5.Ο μαγνήτης επηρεάζει τις πυξίδες (ελλιπής απάντηση)</b></p>	 <p>«Λόγω του ότι γνωρίζουμε ότι το μαγνητικό πεδίο ξεκινά από τον βόρειο και πάει στον νότιο» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b></p>	N=5	N=3
<p><b>Σύνολο (N)</b></p>		<b>14</b>	<b>17</b>

## Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Α

Το δεύτερο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στους συμμετέχοντες της δεύτερης μελέτης, αξιολογούσε τον βαθμό κατανόησης του τρόπου λειτουργίας των μαγνητικών γραμμών. Συγκεκριμένα, σε αυτό το δοκίμιο έπρεπε οι φοιτητές να αξιοποιήσουν τις πληροφορίες που τους δίνονταν μέσα από ένα σχεδιάγραμμα, σχετικά με τη φορά ή το πλήθος των μαγνητικών γραμμών και έπρεπε να υποδείξουν τη θέση των μαγνητικών πόλων, του συγκεκριμένου άγνωστου μαγνήτη. Ο στατιστικός έλεγχος των αρχικών απαντήσεων που συλλέχθηκαν υπέδειξε ότι οι φοιτητές των δύο ομάδων απάντησαν με παρόμοιο τρόπο το εν λόγω ερώτημα ( $U(15,17) = 123.000$ ,  $Z = -0.237$ ,  $p > 0.05$ ). Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 35, πριν τη διδακτική παρέμβαση, συνολικά επτά φοιτητές, τρεις από την Ομάδα Α και τέσσερις από την Ομάδα Β, αξιοποίησαν ορθά τις πληροφορίες που τους δόθηκαν σχετικά με τις μαγνητικές γραμμές, και υπέδειξαν με επιτυχία τους πόλους του μαγνήτη (Κατηγορία 1). Αξίζει βέβαια να αναφερθεί ότι κανένας από αυτούς τους φοιτητές, δεν αναφέρθηκε στο πόσο πυκνές ήταν οι μαγνητικές γραμμές κοντά στους μαγνητικούς πόλους, παρά μόνο στη φορά τους (Υποκατηγορία 1Α) και πιο συγκεκριμένα στο σημείο από το οποίο ξεκινούσαν και κατέληγαν (Υποκατηγορία 1Β). Κάποιοι μεμονωμένοι συμμετέχοντες επιχειρήσαν να χρησιμοποιήσουν την πληροφόρηση για τη φορά των μαγνητικών γραμμών, όμως οδηγήθηκαν σε λανθασμένες απαντήσεις, αφού δήλωσαν ότι ο μαγνήτης είχε έναν ή περισσότερους από δύο μαγνητικούς πόλους (Κατηγορία 2). Μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων που δόθηκαν, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι φοιτητές έπαιρναν σαν δεδομένο ότι οι πόλοι του μαγνήτη βρίσκονταν στα άκρα του, και αναφέρονταν σε λανθασμένες πληροφορίες σχετικά με τις μαγνητικές γραμμές για να ενισχύσουν την απάντησή τους (Κατηγορία 3). Το γεγονός ότι περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες, κατηγοριοποιήθηκαν σε αυτή την κατηγορία, υποδεικνύει το πόσο ισχυρή ήταν η πεποίθηση που είχαν για τη σταθερότητα της θέσης των μαγνητικών πόλων. Τέλος, εντοπίστηκαν και τέσσερις περιπτώσεις απαντήσεων, στις οποίες οι φοιτητές ανέφεραν ότι αδυνατούσαν να εντοπίσουν τη θέση των πόλων του μαγνήτη (Κατηγορία 4).

Πίνακας 35. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β
<b>1. Ορθή υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων – απάντηση με βάση τις μαγνητικές γραμμές</b>		N=3	N=4
A. Λόγω της φοράς των μαγνητικών γραμμών	«Ναι μπορώ να εντοπίσω που βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι, αφού στην εικόνα σχηματίζεται γύρω από το μαγνήτη το μαγνητικό πεδίο. Διαφαίνεται η φορά των μαγνητικών γραμμών που ξεκινούν από τις 2 βάσεις του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	2	2
B. Εκεί ξεκινούν και τελειώνουν οι μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στο πάνω και στο κάτω μέρος του μαγνήτη. Η πληροφόρηση που χρησιμοποίησα για να απαντήσω είναι ότι οι μαγνητικές γραμμές πάντα ξεκινούν και καταλήγουν στις δύο επιφάνειες του μαγνήτη.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	1	2
<b>2. Λανθασμένη υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων – απάντηση με βάση της μαγνητικές γραμμές</b>		-	N=4
A. Υπάρχει ένας μαγνητικός πόλος	«Πιστεύω ότι υπάρχει μόνο ένας μαγνητικός πόλος. Γιατί από εκεί φαίνεται ότι ρέει το μαγνητικό πεδίο. Βγαίνει από εκεί πάει κάτω και επιστρέφει πίσω.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1
B. Υπάρχουν τέσσερις μαγνητικοί πόλοι	«Στο πιο πάνω μαγνήτη πιστεύω πως υπάρχουν τέσσερις πόλοι, ο Α, Β, Γ και Δ. δηλαδή στις δύο επιφάνειες του μαγνήτη και στις δύο άκρες» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1
Γ. Υπάρχουν δύο μαγνητικοί πόλοι μέσα στο μαγνήτη	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στο εσωτερικό μέρος του μαγνήτη και στις δύο πλευρές. Ο λόγος γιατί οι μαγνητικές γραμμές είναι κυκλικές και περνούν από το κέντρο και όχι από την αρχή του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1
Δ. Υπάρχουν μαγνητικοί πόλοι σε όλα τα σημεία του μαγνήτη	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται σε όλο το μαγνήτη. Η εικόνα με το μαγνητικό πεδίο δείχνει ότι ο μαγνήτης έχει πόλους σε όλα του τα σημεία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1
<b>3. Λανθασμένη υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων – προκαθορισμός με βάση την εμπειρία (στα άκρα του μαγνήτη)</b>		N=9	N=8
A. Εκεί ξεκινούν και τελειώνουν οι μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι είναι οι πιο πάνω που έχω κυκλώσει γιατί όπως βλέπω πιστεύω ότι είναι η αρχή του μαγνητικού πεδίου, δηλαδή από εκεί συνεχίζονται τα επόμενα μαγνητικά κύματα.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	4	3
B. Λόγω της φοράς των μαγνητικών γραμμών	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στις δύο άκρες του μαγνήτη. Για την απάντηση αυτή στηρίχθηκα στη φορά των μαγνητικών γραμμών.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	3	1
Γ. Εκεί περνούν οι περισσότερες μαγνητικές γραμμές	«Οι πόλοι του μαγνήτη είναι στο πλαϊνό μέρος, δηλαδή είναι οριζόντια τοποθετημένος. Για αυτό δημιουργούνται μεγάλα μήκη μαγνητικών γραμμών δεξιά»	-	2

	και αριστερά στις περιοχές χ1 και χ2. Σε αυτή την πληροφόρηση στηριχθήκαμε κυρίως.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
Δ. Εκεί υπάρχει έντονη αλληλεπίδραση	«Οι μαγνητικοί πόλοι διαφαίνονται στην εικόνα και είναι στα πλάγια του μαγνήτη τα οποία ελκύουν και αλληλεπιδρούν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	-
Ε. Εκεί περνούν οι πιο μικροί κύκλοι	«Οι μαγνητικοί πόλοι πιστεύω ότι βρίσκονται εκεί που σχηματίζονται οι μικροί κύκλοι στο σχήμα (είναι οι πιο μικροί διότι βρίσκονται πιο κοντά στους πόλους) και στη συνέχεια σχηματίζονται άλλοι μεγαλύτεροι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	1
Ζ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Λογικά οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στα δύο άκρα του μαγνήτη - δεξιά και αριστερά. Χρωμάτισα τις δύο άκρες διότι με βάση γνωστά μας πειράματα από το σχολείο εκεί βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	1	1
<b>4. Αδυναμία υπόδειξης θέσης μαγνητικών πόλων</b>		N=3	N=1
Α. Λόγω σχήματος μαγνήτη	«Λόγω του σχήματος του μαγνήτη μπορεί να μην ξέρω ακριβώς τους μαγνητικούς πόλους ...» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	1	-
Β. Χωρίς περεταίρω εξήγηση	«Δεν γνωρίζω που βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	2	1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>17</b>

Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων που συλλέχθηκαν, παρατηρήθηκε βελτίωση στον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης των φοιτητών σχετικά με τις μαγνητικές γραμμές. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 36, δεκαέξι φοιτητές συνολικά, (Κατηγορία 1 και 2) αξιοποίησαν με επιτυχία το σχεδιάγραμμα με τις μαγνητικές γραμμές, προκειμένου να υποδείξουν τη θέση των μαγνητικών πόλων, από τους οποίους οι επτά, κατάφεραν να ορίσουν και το είδος των πόλων (βόρειος ή νότιος μαγνητικός πόλος) (Κατηγορία 1), παρόλο που δεν τους είχε ζητηθεί στην οδηγία του έργου αξιολόγησης. Μια άλλη ένδειξη της βελτίωσης στην εννοιολογική κατανόηση, αποτελεί το γεγονός ότι κάποιοι φοιτητές κατά τη διάρκεια της απάντησης του ερωτήματος, αναφέρθηκαν στο πόσο πυκνές ή αραιές ήταν οι μαγνητικές γραμμές σε κάποια σημεία γύρω από το μαγνήτη. Παρά τη φαινομενική βελτίωση στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος από τους φοιτητές, εντούτοις ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Signed Rank Test εισηγήθηκε ότι μόνο οι φοιτητές της Ομάδας Α ( $Z(15) = -2.236, p < 0.05$ ) είχαν στατιστικά σημαντική βελτίωση, σε αντίθεση με τους συμμετέχοντες της Ομάδας Β ( $Z(17) = -1.134, p > 0.05$ ). Μια ερμηνεία για το γεγονός αυτό είναι ότι ο αριθμός των συμμετεχόντων σε κάθε ομάδα ήταν πολύ μικρός, με αποτέλεσμα η οποιαδήποτε μικρή διαφορά μεταξύ τους, να επηρεάζει τα στατιστικά αποτελέσματα.

Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων, φάνηκε ότι ένας σημαντικός αριθμός από τους συμμετέχοντες εξακολουθούσε να θεωρεί ότι οι πόλοι ενός μαγνήτη

βρίσκονται πάντα στα άκρα του, παραβλέποντας την πληροφόρηση που τους δόθηκε για τη φορά των μαγνητικών γραμμών (Κατηγορία 3). Επίσης, τρεις συνολικά φοιτητές απάντησαν ότι δεν μπορούσαν να εντοπίσουν τη θέση των πόλων του μαγνήτη, με βάση τις πληροφορίες που είχαν (Κατηγορία 4). Μέσα από τον στατιστικό έλεγχο των απαντήσεων των φοιτητών δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο απάντησης, ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(15,18) = 123.000$ ,  $Z = -0.501$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 36. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Ορθή υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων – ορθός καθορισμός είδους τους (πάνω είναι ο βόρειος μαγνητικός πόλος και κάτω ο νότιος μαγνητικός πόλος)</b>		N=3	N=4
A. Εκεί ξεκινούν και τελειώνουν οι μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι του πιο πάνω μαγνήτη δε βρίσκονται στα άκρα αλλά ελάχιστα μέσα προς το κέντρο και πάνω - κάτω. .. Επίσης, η κατεύθυνση των τόξων των μαγνητικών γραμμών μας υποδεικνύει πως το πάνω μέρος του μαγνήτη είναι οι βόρειοι πόλοι και στο κάτω οι νότιοι γνωρίζοντας πως οι μαγνητικές γραμμές ξεκινούν από το βορρά και καταλήγουν στο νότο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=4
B. Εκεί είναι πιο πυκνές οι μαγνητικές γραμμές	«Για να εντοπίσουμε τους μαγνητικούς πόλους του μαγνήτη θα πρέπει να στηριχθούμε στις παρατηρήσεις που μπορούμε να κάνουμε από τις μαγνητικές γραμμές που δημιουργούνται στο μαγνητικό πεδίο. Όπως παρατηρήσαμε στα πειράματα του εργαστηρίου, οι μαγνητικές γραμμές είναι πιο πυκνές κοντά στους πόλους του μαγνήτη, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτούς οι αλληλεπιδράσεις γίνονται λιγότερο έντονες.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	F=3
<b>2. Ορθή υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων – απάντηση με βάση τις μαγνητικές γραμμές</b>		N=5	N=4
A. Εκεί ξεκινούν και τελειώνουν οι μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στο πάνω και κάτω μέρος του μαγνήτη. Αυτό το βλέπουμε από την φορά των μαγνητικών γραμμών καθώς και από πού αρχίζουν να σχηματίζουν ημικύκλια και που τελειώνουν. Δηλαδή οι μαγνητικές γραμμές ξεκινούν από τον πάνω πόλο και πηγαίνουν προς τον κάτω και απομακρύνονται στο κέντρο αλλά πάλι έχουν φορά από πάνω προς τα κάτω. Έτσι καταλαβαίνουμε ποιοι είναι οι πόλοι. Άρα στηρίχθηκα στις μαγνητικές γραμμές για να αποφασίσω και στη φορά τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=3
B. Εκεί είναι πιο πυκνές οι	«Οι δύο πόλοι των μαγνητών βρίσκονται στην επάνω και στην κάτω επιφάνεια στις	F=1	F=1

μαγνητικές γραμμές	μεγαλύτερες επιφάνειες δηλαδή αφού οι μαγνητικές γραμμές σε αυτά τα σημεία είναι πιο πυκνές σε σχέση με τα άκρα που φαίνονται πιο αραιές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>		
Γ. Λόγω της φοράς των μαγνητικών γραμμών	«Μπορώ να εντοπίσω που βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι. Οι πόλοι βρίσκονται στο πάνω μέρος του μαγνήτη και στο κάτω. Για να απαντήσω στο ερώτημα αν υπάρχουν πόλοι παρατήρησα τις μαγνητικές γραμμές που σχηματίζονται. Υπάρχουν και μαγνητικές γραμμές και μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	F=1
<b>3. Λανθασμένη υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων – προκαθορισμός με βάση την εμπειρία (στα άκρα του μαγνήτη)</b>		N=6	N=8
Α. Εκεί είναι πιο πυκνές οι μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στις άκρες του μαγνήτη, επειδή παρατηρούνται πιο πυκνές- έντονες- οι μαγνητικές γραμμές από ότι στη μέση του μαγνήτη. Όσο απομακρυνόμαστε από το μαγνήτη τόσο οι γραμμές είναι πιο αραιές, το ίδιο ισχύει και στο κέντρο. Μέσω των μαγνητικών δηλαδή γραμμών που σχηματίζονται μπορώ να εντοπίσω τους μαγνητικούς πόλους του μαγνήτη λόγω της διάταξης τους. Οπότε στηριχθήκαμε στις μαγνητικές γραμμές για να βρούμε τους μαγνητικούς πόλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=6
Β. Εκεί ξεκινούν και τελειώνουν οι μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι είναι τα δύο άκρα του μαγνήτη .... Βλέπουμε επίσης πως οι γραμμές τάσσονται με ένα συγκεκριμένο τρόπο δημιουργώντας ημικύκλια, ξεκινούν από το βόρειο και καταλήγουν στο νότιο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=3
Γ. Εκεί υπάρχει έντονη αλληλεπίδραση	«Μπορούμε να αντιληφθούμε ότι οι πόλοι βρίσκονται στα σημεία Α και Β και εκεί παρατηρούμε πιο έντονη μαγνητική επίδραση. Δεν μπορούμε να βρούμε που είναι ο βόρειος και ο νότιος πόλος.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	F=1
Δ. Λόγω της φοράς των μαγνητικών γραμμών	«Μπορώ να εντοπίσω τους πόλους χωρίς όμως να γνωρίζω ποιος είναι ο νότιος και ποιος ο βόρειος. Στηρίχθηκα στις μαγνητικές γραμμές οι οποίες περιτριγυρίζουν τα σημεία Α και Β.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-
Ε. Εκεί περνούν οι περισσότερες μαγνητικές γραμμές	«Οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στα σημεία που υπέδειξα πάνω στην εικόνα. Ο λόγος που πιστεύω ότι οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται σε εκείνα τα σημεία είναι διότι εκεί βρίσκονται και οι περισσότερες μαγνητικές γραμμές. Όσο περισσότερες μαγνητικές γραμμές υπάρχουν σε κάποια σημεία τόσο περισσότερη έλξη υπάρχει και στους πόλους των μαγνητών. Άρα είναι φανερό πως οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στα σημεία Α,β.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>4. Αδυναμία υπόδειξης θέσης μαγνητικών πόλων</b>		N=1	N=2
Α. Λόγω απουσίας σημείου που να ενώνονται οι μαγνητικές γραμμές	«Δεν μπορούμε να εντοπίσουμε ξεκάθαρα που βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι καθώς οι δύο πόλοι πρέπει να ενώνονται από τις μαγνητικές γραμμές. Στο σχέδιο δίπλα δεν	-	F=1

	<i>δείχνει κάποιο σημείο που να ενώνονται οι μαγνητικές γραμμές» Φοιτήτρια, Ομάδα Β</i>		
Β. Λόγω έλλειψης στοιχείων για τα σημεία του ορίζοντα	<i>«Μια βασική πληροφορία που λείπει είναι ο βορράς και ο νότος ώστε να μπορώ να προσανατολιστώ για να εξηγήσω που μπορεί να βρίσκονται οι πόλοι.» Φοιτήτρια, Ομάδα Α</i>	F=1	-
Γ. Δεν γνωρίζουμε σε ποια σημεία παρατηρείται πιο έντονη αλληλεπίδραση	<i>«Όχι δεν μπορώ να εντοπίσω που βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι. Δεν μπορώ να τους εντοπίσω στο σχεδιάγραμμα γιατί οι μαγνητικοί πόλοι είναι μια επινοημένη έννοια, που επινόησαν οι επιστήμονες. Οι μαγνητικοί πόλοι δεν είναι φυσικό αντικείμενο ή μια παρατήρηση είναι εμφανές αποτέλεσμα μια μη εμφανής διαδικασία. Η πληροφόρηση που λείπει είναι αν έχω ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο σε ποιο σημείο του μαγνήτη αλληλεπιδρά έντονα, με αυτή την πληροφορία μπορούμε να ανακαλύψουμε σε ποιο σημείο του μαγνήτη μου βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι.» Φοιτήτρια, Ομάδα Β</i>	-	F=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>18</b>

## Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Β

Το δεύτερο ερώτημα του έργου αξιολόγησης, ζητούσε από τους φοιτητές να σκεφτούν το τι θα συνέβαινε αν τοποθετούσαν δύο συνδεδηράκια στα σημεία X1 και X2 που υποδεικνύονταν στο σχεδιάγραμμα που τους δόθηκε στο πρώτο ερώτημα. Συγκεκριμένα, έπρεπε να προβληματιστούν σχετικά με το σε ποιο από τα δύο σημεία θα παρατηρούσαν πιο έντονη αλληλεπίδραση. Σκοπός της ανάλυσης των απαντήσεων αυτού του ερωτήματος, ήταν η διερεύνηση του βαθμού αξιοποίησης της πληροφορίας για την πυκνότητα των μαγνητικών γραμμών, η οποία αποτελεί ένδειξη του βαθμού αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον μαγνήτη και στο σιδηρομαγνητικό αντικείμενο (στη θέση X1 οι μαγνητικές γραμμές ήταν σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους). Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 37, κανένας από τους φοιτητές πριν τη διδακτική παρέμβαση δεν ήταν σε θέση να χρησιμοποιήσει την πιο πάνω πληροφόρηση για να απαντήσει στο ερώτημα. Έτσι, η μόνη απάντηση που κωδικοποιήθηκε ως ορθή, αναφερόταν στην απόσταση ανάμεσα στη θέση X1 από τον μαγνητικό πόλο (Υποκατηγορία 1Α). Αξίζει να αναφερθεί ότι η φοιτήτρια που έδωσε τη συγκεκριμένη απάντηση, υπέδειξε με επιτυχία τη θέση των μαγνητικών πόλων, στο προηγούμενο ερώτημα του δοκιμίου. Οι περισσότεροι φοιτητές (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β: N=10), παρόλο που δήλωσαν ορθά ότι θα παρατηρούσαν εντονότερη αλληλεπίδραση ανάμεσα στο συνδεδηράκι στη θέση X1 και στον μαγνήτη, εντούτοις δεν αναφέρθηκαν σε κάποια έγκυρη δικαιολόγηση. Όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα, η δικαιολόγηση που ανέφερε η πλειοψηφία από αυτούς σχετιζόταν σε κάποιο βαθμό με το μαγνητικό πεδίο και τις

μαγνητικές γραμμές (Υποκατηγορία 2A, 2B, 2Γ). Η κωδικοποίηση αυτών των αιτιολογήσεων φανέρωσε αρκετές δυσκολίες των φοιτητών, όπως το ότι θεωρούσαν ότι το μαγνητικό πεδίο υπάρχει μόνο στα σημεία που υπάρχουν οι μαγνητικές γραμμές, χωρίς να κατανοούν ότι αποτελεί έναν ενιαίο χώρο γύρω από τον μαγνήτη, του οποίου η ένταση χαρτογραφείται μέσω των μαγνητικών γραμμών. Μια άλλη δυσκολία που παρατηρήθηκε ήταν ότι οι φοιτητές αδυνατούσαν να κατανοήσουν ότι οι μαγνητικές γραμμές αποτελούν μια επινοημένη έννοια και ότι θεωρητικά σε όλο το φάσμα του μαγνητικού πεδίου, υπάρχουν μαγνητικές γραμμές, παρόλο που μπορεί να μη απεικονίζονταν στο σχεδιάγραμμα.

Εκτός, όμως από τις δηλώσεις σχετικά με το μαγνητικό πεδίο, κάποιοι φοιτητές που εντάχθηκαν στην Κατηγορία 2, αναφέρθηκαν στην απόσταση που υπήρχε ανάμεσα στη θέση X1 με τον μαγνήτη, χωρίς όμως να λαμβάνουν υπόψη τους τη θέση των μαγνητικών πόλων (Υποκατηγορία 2Δ). Επιπρόσθετα, εντοπίστηκαν αρκετές περιπτώσεις φοιτητών οι οποίοι υποστήριξαν ότι και στα δύο σημεία θα παρατηρηθεί ίδια αλληλεπίδραση (Κατηγορία 4), προβάλλοντας επιχειρήματα είτε σχετικά με το μαγνητικό πεδίο (Υποκατηγορία 4A, 4B), είτε όχι (Υποκατηγορία 4Γ, 4Δ). Ο στατιστικός έλεγχος των αρχικών απαντήσεων υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος ( $U(15,17) = 120.000$ ,  $Z = -0.939$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 37. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπείραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανοήση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β
<b>1. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1- Έγκυρη δικαιολόγηση</b>		-	N=1
A. Βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνητικό πόλο (ορθή υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων)	«Θεωρώ ότι η αλληλεπίδραση θα είναι πιο έντονη στο σημείο χ1 αφού το συνδετήρακι θα βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνήτη (κάτω πόλος).» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
<b>2. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 – Μη έγκυρη δικαιολόγηση</b>		N=7	N=10
A. Βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο	«Πιο έντονη αλληλεπίδραση παρατηρούμε στο σημείο χ1 αφού βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=4	F=4
B. Βρίσκεται πάνω σε μαγνητική γραμμή	«Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στο χ1 γιατί βρίσκεται ακριβώς πάνω στη μαγνητική γραμμή. Ενώ στο χ2 θα είναι πιο ελαφριάς μορφής αλληλεπίδραση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2
Γ. Βρίσκεται πιο κοντά σε πιο μικρή μαγνητική γραμμή	«Στο σημείο χ1 θα παρατηρηθεί πιο έντονη αντίδραση γιατί η μαγνητική γραμμή είναι μικρότερη από τη μαγνητική γραμμή που βρίσκεται ο χ2.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Δ. Βρίσκεται πιο κοντά στο	«Πιο έντονη αλληλεπίδραση θα παρατηρηθεί στο συνδετήρακι που θα	F=1	F=3



μαγνήτη	βρίσκεται στο σημείο $\chi_1$ , λόγω του ότι βρίσκεται ελάχιστα πιο κοντά στο μαγνήτη. Εντονότερη θα είναι όταν θα βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
Ε. Καμία δικαιολόγηση	«Πιο έντονη αλληλεπίδραση θα παρατηρηθεί στο $\chi_1$ .» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>3. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X2 – Μη έγκυρη δικαιολόγηση</b>		N=1	-
Α. Βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο και όχι πάνω σε μαγνητική γραμμή	«Η αλληλεπίδραση πιστεύω πως θα είναι πιο έντονη στο σημείο $\chi_2$ που είναι το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη ενώ το $\chi_1$ είναι η μαγνητική γραμμή που δεν θα έχει έντονη αλληλεπίδραση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>4. Θα παρατηρηθεί εξίσου έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 και X2</b>		N=7	N=3
Α. Υπάρχει ίδια φορά μαγνητικών γραμμών	«Και στις δύο περιπτώσεις θα παρατηρηθεί έντονη αλληλεπίδραση άρα και στα δύο σημεία ( $\chi_1 + \chi_2$ ) υπάρχει η ίδια φορά των μαγνητικών γραμμών.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
Β. Βρίσκονται στο ίδιο μαγνητικό πεδίο	«Πιστεύω πως η αλληλεπίδραση θα είναι και στα δύο σημεία εξίσου έντονη αφού τα συνδετηράκια βρίσκονται στο ίδιο σημείο και τα μαγνητικά πεδία έχουν τον ίδιο αριθμό.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1
Γ. Βρίσκονται σε ίση απόσταση από το μαγνήτη	«Θα παρατηρηθεί ίση αλληλεπίδραση αφού τα συνδετηράκια και ο μαγνήτης είναι στο ίδιο σημείο, άρα οι πόλοι τους είναι οι ίδιοι.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
Δ. Ο μαγνήτης πάντα ελκύει μέταλλα	«Και στα δύο σημεία αφού ο μαγνήτης ελκύει το μέταλλο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	-
Ε. Καμία δικαιολόγηση	«Εξίσου έντονη αλληλεπίδραση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=2	F=2
<b>5. Άσχετη απάντηση</b>	«Θα παρατηρηθεί έντονη αλληλεπίδραση στην περίπτωση που τα συνδετηράκια θα έρθουν κοντά, αν είναι ο θετικός πόλος. Ενώ στον αρνητικό πόλο θα απομακρύνονται από τον πόλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=3
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>17</b>

Στην περίπτωση του προπειραματικού δοκιμίου, δόθηκε ένα επιπλέον ερώτημα στους συμμετέχοντες της έρευνας, το οποίο τους ζητούσε να απαντήσουν ξανά στο ερώτημα Β του δοκιμίου, λαμβάνοντας υπόψη τους την έννοια του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών. Το συγκεκριμένο ερώτημα επιδίωκε να κατευθύνει τον συλλογισμό των φοιτητών προς τις συγκεκριμένες έννοιες, στην περίπτωση που η προηγούμενη τους απάντηση δεν αναφερόταν σε αυτές. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 38, η εικόνα που παρατηρήθηκε κατά την ανάλυση των απαντήσεων ήταν παρόμοια με εκείνη του ερωτήματος Β, αφού και σε αυτή την περίπτωση οι περισσότεροι φοιτητές υποστήριξαν ότι

στο σημείο X1 θα παρατηρούσαν πιο έντονη αλληλεπίδραση, λόγω του ότι βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο (Υποκατηγορία 1A) ή πάνω σε μια μαγνητική γραμμή (Υποκατηγορία 1B).

Πίνακας 38. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπείραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Γ - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β
<b>Αναφορά στο μαγνητικό πεδίο / μαγνητικές γραμμές</b>			
<b>1. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 – Μη έγκυρη δικαιολόγηση</b>		N=5	N=8
A. Βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο	«Θα υπήρχε πιο έντονη αλληλεπίδραση στο χ1 γιατί βρίσκεται εντός των μαγνητικών γραμμών και συνεπώς του μαγνητικού πεδίου. Άρα λοιπόν στο σημείο χ1 έλκεται περισσότερο από το σημείο χ2.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=4	F=5
B. Βρίσκεται πάνω σε μαγνητική γραμμή	«Θα απαντούσα ότι στο σημείο χ1 θα παρουσίαζε πιο έντονη αλληλεπίδραση λόγω του ότι βρίσκεται πάνω στη μαγνητική γραμμή ενώ το χ2 όχι. Το χ2 παρουσίαζε κάποιας μορφής αλληλεπίδραση αλλά όχι τόσο έντονη όσο το χ1.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=2	F=4
<b>2. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X2 – Μη έγκυρη δικαιολόγηση</b>		N=1	-
A. Βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο	«Θα παρουσιαστεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στο χ2 όπου είναι το μαγνητικό πεδίο που περιλαμβάνει τις αντιδράσεις του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>3. Θα παρατηρηθεί εξίσου έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 και X2</b>		N=2	N=2
A. Βρίσκονται στο ίδιο μαγνητικό πεδίο	«Και στα δύο σημεία θα παρουσιαστεί έντονη αλληλεπίδραση γιατί το μαγνητικό πεδίο που σχηματίζεται από τις μαγνητικές γραμμές και στις δύο περιπτώσεις είναι το ίδιο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	F=2
<b>Καμία αναφορά στο μαγνητικό πεδίο / μαγνητικές γραμμές</b>			
<b>4. Θα παρατηρηθεί εξίσου έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 και X2 – Καμία δικαιολογία</b>		N=1	N=3
«Θα παρουσιαστεί η ίδια ένταση αλληλεπίδρασης και στα δύο σημεία με βάση τις μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>			
<b>5. Σε κανένα από τα δύο σημεία δεν θα παρατηρηθεί έντονη αλληλεπίδραση – Καμία δικαιολογία</b>		-	N=1
«Με βάση την έννοια των μαγνητικών γραμμών ή και του μαγνητικού πεδίου πιστεύω δεν θα παρουσιαζόταν έντονη αλληλεπίδραση σε κάποιο σημείο. Χωρίς να γνωρίζω. Αυτό υποθέτω.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>			
<b>6. Δεν γνωρίζω την έννοια</b>		N=1	-
«Δεν την γνωρίζω αυτή την έννοια.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>			
<b>7. Άσχετη απάντηση</b>		N=4	N=3
«Με βάση τους μαγνήτες ξέρουμε ότι τα αντίθετα έλκονται. Άρα ανάλογα με το υλικό που θα αλληλεπιδράσει ο μαγνήτης έτσι θα			

	δύο με και πως αλληλεπιδρά. Αρνητικός πόλος - θα αλληλεπιδράσει με κάτι και θετικό πόλος με κάτι άλλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>		
	<b>Σύνολο (N)</b>	<b>14</b>	<b>17</b>

Ένα άλλο σημείο που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι παρά τις οδηγίες του ερωτήματος, κάποιοι φοιτητές δεν αναφέρθηκαν στην απάντησή τους στην έννοια του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών (Κατηγορία 4 και 5), ενώ κάποιοι άλλοι δεν τοποθετήθηκαν με ξεκάθαρο τρόπο στο ερώτημα (Κατηγορία 7). Τέλος, ένας φοιτητής της Ομάδας Α, ανέφερε ότι δεν γνώριζε τις έννοιες του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών (Κατηγορία 6). Οι απαντήσεις των φοιτητών δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $U(14,17) = 119.000$ ,  $Z = 0$ ,  $p > 0.05$ ), αφού κανένας από αυτούς δεν έδωσε ορθή απάντηση.

Κατά τη κωδικοποίηση των τελικών απαντήσεων, εντοπίστηκαν μόνο δύο συνολικά φοιτητές, οι οποίοι αξιοποίησαν την πληροφόρηση για την πυκνότητα των μαγνητικών γραμμών, ως ένδειξη για την ένταση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις δύο θέσεις των συνδετήρων με τον μαγνήτη (Υποκατηγορία 1Α). Το γεγονός αυτό αποτελεί τη βασική ένδειξη ότι σε καμία από τις δύο ομάδες δεν παρατηρήθηκε η αναμενόμενη βελτίωση (Ομάδα Α:  $Z(15) = -1.890$ ,  $p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(17) = -1.314$ ,  $p > 0.05$ ). Οι υπόλοιποι φοιτητές που απάντησαν ορθά το ερώτημα, χρησιμοποίησαν σαν αιτιολόγηση, την απόσταση του συνδετήρα από τον μαγνητικό πόλο του μαγνήτη, νοούμενου ότι λάμβαναν υπόψη την πραγματική – ορθή θέση των πόλων του μαγνήτη (Υποκατηγορία 1Β). Όπως στην περίπτωση της αρχικής συμπλήρωσης του ερωτήματος, έτσι και στην τελική, οι περισσότεροι φοιτητές επέλεξαν ορθά ότι στη θέση X1 το συνδετηράκι θα είχε πιο έντονη αλληλεπίδραση με τον μαγνήτη, εντούτοις το επιχείρημα τους δεν ήταν ορθό. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 39, ακόμα και μετά τη διδακτική παρέμβαση αρκετοί φοιτητές θεωρούσαν ότι η θέση X1 βρισκόταν εντός του μαγνητικού πεδίου, σε αντίθεση με τη θέση X2 (Υποκατηγορία 2Α). Επιπλέον, υπήρχαν φοιτητές που ανέφεραν ότι η μαγνητική γραμμή στην οποία βρισκόταν η θέση X1, καθιστούσε την αλληλεπίδραση του συνδετήρα και του μαγνήτη εντονότερη (Υποκατηγορία 2Β). Σε ένα φαινομενικά ορθό επιχείρημα βασίζεται το σκεπτικό των συμμετεχόντων που κατηγοριοποιήθηκαν στην Υποκατηγορία 2Δ, οι οποίοι παρόλο που ανέφεραν ότι η θέση X1 βρισκόταν πιο κοντά στον μαγνητικό πόλο, εντούτοις οι συγκεκριμένοι δεν κατάφεραν να εντοπίσουν την πραγματική θέση των μαγνητικών πόλων στο προηγούμενο ερώτημα, και για αυτό το λόγο η απάντησή τους κωδικοποιήθηκε σαν λανθασμένη. Μέσα από τον στατιστικό έλεγχο των τελικών απαντήσεων, δεν προέκυψε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(15,18) = 129.000$ ,  $Z = -0.290$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 39. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Β - εννοιολογική κατανόηση

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1- Έγκυρη δικαιολόγηση</b>		N=4	N=4
A. Βρίσκεται πιο κοντά σε πυκνές μαγνητικές γραμμές	«Στο σημείο χ1 θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση αφού το συνδετηράκι θα βρίσκεται σε περιοχή με πιο έντονη δράση του μαγνητικού πεδίου. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε ένα χάρτη των μαγνητικών γραμμών υποδηλώνεται από την πυκνότητα τους. Στο σημείο χ1 η πυκνότητα των γραμμών είναι μεγαλύτερη από το σημείο χ2.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1
B. Βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνητικό πόλο	«Πιο έντονη αλληλεπίδραση θα παρατηρηθεί στο σημείο χ1 λόγω του ότι είναι πιο μικρή η απόσταση από τους πόλους αφού όσο πιο κοντά είναι τόσο πιο έντονη θα είναι η αλληλεπίδραση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=4	F=3
<b>2. Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 – Μη έγκυρη δικαιολόγηση</b>		N=9	N=10
A. Βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο	«Πιο έντονη αλληλεπίδραση θα παρατηρηθεί στο σημείο χ1 και αυτό διότι μέσα από την παρατήρηση που κάναμε από την εικόνα φαίνεται ότι το συνδετηράκι (σιδηρομαγνητικό υλικό) βρίσκεται εντός του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται γύρω από το μαγνήτη που υποδεικνύεται από τις μαγνητικές γραμμές. Το σημείο χ2 βρίσκεται εκτός του μαγνητικού πεδίου υποδεικνύεται από την μη ύπαρξη μαγνητικών γραμμών» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=4	F=6
B. Βρίσκεται πάνω σε μαγνητική γραμμή	«Πιο έντονη αλληλεπίδραση θα παρατηρηθεί στο χ1. Αυτό οφείλεται στο ότι το σημείο αυτό βρίσκεται πάνω στις μαγνητικές γραμμές άρα θα επιδράσει περισσότερο. Το σημείο χ2 μπορεί να παρουσιάσει ελάχιστη έως καθόλου αλληλεπίδραση λόγω του ότι βρίσκεται εκτός των μαγνητικών γραμμών και δεν επηρεάζεται τόσο έντονα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=4	F=2
Γ. Βρίσκεται πιο κοντά σε μαγνητική γραμμή	«Στο σημείο χ1 θα υπάρχει πιο έντονη αλληλεπίδραση γιατί βρίσκεται πιο κοντά από τις μαγνητικές γραμμές άρα θα έλκεται περισσότερο από το μαγνήτη» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
Δ. Βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνητικό πόλο (λανθασμένη υπόδειξη θέσης μαγνητικών πόλων)	«Στο σημείο χ1 θα παρατηρηθεί εντονότερη αλληλεπίδραση επειδή βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνητικό πόλο και η έλξη θα είναι εντονότερη σε σχέση με το συνδετηράκι στο σημείο χ2.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=3
Ε. Βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνήτη	«Θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση στο σημείο χ1, διότι το	F=2	F=1

	σημείο χ1 βρίσκεται πιο κοντά στο μαγνήτη, πιο κοντά στις μαγνητικές γραμμές, πιο μέσα στο μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>		
<b>3. Θα παρατηρηθεί εξίσου έντονη αλληλεπίδραση στη θέση X1 και X2</b>		N=1	N=3
A. Ο μαγνήτης πάντα ελκύει μέταλλα	«Και στις δύο λόγω του ότι το συνδετηράκι είναι σιδηρομαγνητικό υλικό και για αυτό έλκεται και από τους δύο πόλους. Αν ήταν μαγνήτης με μαγνήτη τότε θα έπρεπε να υπήρχε σχέση έλξης και άπωσης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
B. Βρίσκονται σε ίση απόσταση από το μαγνητικό πόλο	«Πιστεύω πως και στα δύο σημεία η αλληλεπίδραση θα είναι η ίδια, και τα δύο σημεία του μαγνήτη είναι οι πόλοι του άρα όπου και αν τοποθετήσω τα συνδετηράκια η αλληλεπίδραση θα είναι το ίδιο έντονη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2
<b>4. Άσχετη απάντηση</b>	«Θα παρατηρηθεί έντονη αλληλεπίδραση στο νότιο πόλο του μαγνήτη γιατί τα συνδετηράκια ως σιδηρομαγνητικά αντικείμενα έλκονται από τους μαγνήτες. Ο λόγος που θα έλκονται στο νότιο πόλο είναι γιατί είναι ο πιο κοντινός πόλος και βρίσκονται ήδη στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>18</b>

## 6.2. Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης

### Έργο αξιολόγησης 1

Το πρώτο έργο αξιολόγησης, που δόθηκε στη δεύτερη μελέτη και αφορούσε στην αξιολόγηση για την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, αποτελούσε μια τροποποιημένη εκδοχή του δεύτερου έργου αξιολόγησης που δόθηκε στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, μετά την εισαγωγή για την αποσαφήνιση των όρων της ανακάλυψης και της επινόησης, παρουσιαζόταν στους φοιτητές ένας διάλογος ανάμεσα σε δύο μαθητές, όπου ο πρώτος υποστήριζε την ανακάλυψη των επιστημονικών θεωριών και ο δεύτερος την επινόηση τους. Ακολούθως, οι συμμετέχοντες έπρεπε να τοποθετηθούν υπέρ του ενός εκ των δύο ή υπέρ και των δύο, δίνοντας ένα παράδειγμα εκτός της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού για να στηρίξουν την επιλογή τους. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 40, πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των φοιτητών τοποθετήθηκε υπέρ του πρώτου μαθητή, δηλαδή υπέρ της ανακάλυψης (Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Β: N=7). Οι περισσότεροι από αυτούς, υποστήριζαν ότι η επιστήμη έχει μόνο εμπειρικό χαρακτήρα (Υποκατηγορία 3Α), ενώ οι υπόλοιποι θεωρούσαν ότι οι επιστημονικές θεωρίες υπήρχαν πάντα και απλά οι επιστήμονες τις ανακάλυψαν, αδυνατώντας να αναγνωρίσουν τη διαφορά των θεωριών και των φαινομένων (Υποκατηγορία 3Β). Επιπλέον, αρκετοί φοιτητές επέλεξαν

να τοποθετηθούν υπέρ και των δύο μαθητών, αναφέροντας ότι κάποιες θεωρίες ανακαλύπτονται, ενώ κάποιες άλλες επινοούνται (Υποκατηγορία 4A). Μόνο επτά συνολικά φοιτητές (Ομάδα Α: N=4, Ομάδα Β: N=2) υποστήριξαν ότι οι επιστήμονες επινοούν τις θεωρίες, περιλαμβάνοντας στις απαντήσεις τους δηλώσεις, που είτε υποστήριξαν ρητά την επινόηση (Κατηγορία 1), είτε απέρριπταν την ανακάλυψη των θεωριών (Κατηγορία 2). Τέλος, εντοπίστηκαν τρεις απαντήσεις, στις οποίες φαινόταν ξεκάθαρα ότι οι φοιτητές δεν αναφέρονταν σε επιστημονικές θεωρίες, αλλά σε άλλα προϊόντα π.χ. τεχνολογικά, όπως φαίνεται στο παράδειγμα στον Πίνακα 40 – Κατηγορία 5. Από τον στατιστικό έλεγχο, δεν προέκυψαν οποιεσδήποτε διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,16) = 91.000$ ,  $Z = -1.084$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 40. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 1 - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β
<b>Υποστήριξη επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		N=4	N=2
<b>1. Υποστήριξη επινόησης</b>			
A. Επινοούν θεωρίες για να εξηγήσουν γιατί συμβαίνουν τα διάφορα φαινόμενα	«Συμφωνώ εν μέρει και με τους δύο. Θεωρώ πως οι επιστημονικές θεωρίες δομούνται από τους επιστήμονες, ως αποτέλεσμα ανακάλυψης και ερμηνείας. Στην όλη διαδικασία, ο ερευνητής απαιτείται πολλές φορές να φανταστεί/υποθέσει/προβλέψει με ποιο τρόπο λειτουργεί ένα φαινόμενο, προκειμένου να κτίσει την έρευνα του. Ιδιαίτερα σε προηγούμενες δεκαετίες (20 αιώνας) όταν η γνώση των επιστημόνων ήταν πολύ περιορισμένη, η επινόηση και η φαντασία ήταν απαραίτητα κομμάτι της ερευνητικής διαδικασίας» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
B. Επινοούν τις θεωρίες - χωρίς περεταίρω εξήγηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί πιστεύω πως οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες αφού ήδη χρησιμοποιούν προϋπάρχουσες γνώσεις και πάνω σε αυτές κτίζουν και δημιουργούν καινούριες θεωρίες» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>2. Απόρριψη ανακάλυψης</b>			
A. Οι επιστημονικές θεωρίες δεν υπάρχουν από πριν κάπου στη φύση.	«Συμφωνώ και με τους δύο μαθητές, όμως όπως ο μαθητής 1 λέει ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν μια θεωρία είναι λάθος, αφού δεν υπάρχει κάπου. Πιο σωστή είναι η έκφραση του μαθητή 2 ότι τις επινοούν.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	-
B. Οι επιστημονικές θεωρίες δύνανται να	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί επινοούν επιστημονικές θεωρίες και για αυτό κάποιες	F=1	F=1

τροποποιούνται και να απορρίπτονται, άρα, δεν μπορούν να ανακαλύπτονται.	καταρρίπτονται αφού επινοήθηκε μια καινούρια από κάποιο άλλο και επειδή είναι θεωρίες δεν είναι απαραίτητα σωστές αφού δεν είναι νόμοι για αυτό καταρρίπτονται και επινοούνται καινούριες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
Γ. Τα φυσικά φαινόμενα υπήρχαν, αλλά οι εξηγήσεις τους όχι, επινοούνται.	«...Στη φύση υπάρχουν διάφορα στοιχεία, τα οποία όταν οι επιστήμονες συνδυάσουν μαζί με τις επιστημονικές τους γνώσεις θα καταλήξουν σε συμπεράσματα και στο τέλος σε θεωρίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης επιστημονικών θεωριών</b>		N=5	N=7
<b>3. Υποστήριξη ανακάλυψης</b>			
Α. Η επιστήμη είναι μια καθαρά εμπειρική διαδικασία. Οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται μέσα από προσεκτική παρατήρηση	«Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες που τις τεκμηριώνουν ή ανακαλύπτουν μέσω πειραμάτων για να έχει βάση μια θεωρία πρέπει να λειτουργεί και στην πράξη (πειράματα). Συμφωνώ με το μαθητή 1 γιατί οι επιστημονικές θεωρίες περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η φύση αλλά ανακαλύπτουν θεωρίες από πειράματα. Η φύση λειτουργεί με διάφορους τρόπους (π.χ. στο νερό, αέρα) με διαφορετικό τρόπο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=5
Β. Ο φυσικός κόσμος λειτουργεί με ένα σταθερό τρόπο ανεξάρτητα από την επιστήμη. Οι επιστήμονες απλώς ανακαλύπτουν αυτό τον τρόπο	«Συμφωνώ με το μαθητή 1, γιατί πάντα στη φύση λειτουργούσε η βαρύτητα στη γη και οι ιδιότητες της απλώς κάποια στιγμή οι επιστήμονες ανακάλυψαν τις θεωρίες που τους επέτρεψαν να εξηγήσουν κάποιες πτυχές της λειτουργίας της φύσης» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	F=2
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης και επινοήσης επιστημονικών θεωριών</b>		N=4	N=5
<b>4. Υποστήριξη ανακάλυψης και επινοήσης επιστημονικών θεωριών</b>			
Α. Οι επιστημονικές θεωρίες κάποτε υπάρχουν και τις ανακαλύπτουν οι επιστήμονες αλλά κάποτε δεν υπάρχουν και οι επιστήμονες τις επινοούν.	«Συμφωνώ και με τους δύο μαθητές. Υπάρχουν περιπτώσεις που ανακαλύπτουμε τυχαία κάποια θεωρία ενώ υπήρχε ήδη και περιπτώσεις που επινοούμε κάποια επιστημονική θεωρία χωρίς να υπήρχε πριν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=4	F=5
<b>5. Άσχετη απάντηση</b>	«Συμφωνώ και με τους δύο γιατί ανακαλύπτουν κάτι σιγά σιγά με διάφορα πειράματα (δοκιμές) και στη συνέχεια επινοούν για να κτίσουν πάνω σε αυτό που ανακάλυψαν για να γίνει αυτό που λέγεται σήμερα μουσική. Για παράδειγμα το πρώτο μέσο που πέταξε που ήταν μια ανακάλυψη και στη συνέχεια επινόησαν νέα μέσα και έχουμε αυτό που έχουμε σήμερα (ελικόπτερα, αεροπλάνα)» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>16</b>

Μετά την πραγματοποίηση των διδακτικών παρεμβάσεων, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στον τρόπο απάντησης των φοιτητών και στις δύο ομάδες (Ομάδα Α:  $Z(14) = -3.051, p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(16) = -3.207, p < 0.05$ ). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 41, η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων, τοποθετήθηκε υπέρ της επινοημένης φύσης των επιστημονικών θεωριών (Ομάδα Α:  $N=15$ , Ομάδα Β:  $N=13$ ). Μέσα από την ανάλυση των συγκεκριμένων απαντήσεων, φάνηκε ότι οι περισσότεροι φοιτητές κατανόησαν την ανάγκη για στήριξη των επιστημονικών θεωριών με εμπειρικά δεδομένα (Υποκατηγορία 1Α) και τον ρόλο της επινόησης, ο οποίος αφορά στην επεξήγηση των φυσικών φαινομένων (Υποκατηγορία 1Β και 1Γ). Παρόμοια ευρήματα εντοπίστηκαν κατά την κωδικοποίηση των συνεντεύξεων, όπου και εκεί οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες υποστήριξαν ότι οι επιστήμονες επινοούν θεωρίες. Ένα σχετικό απόσπασμα είναι το ακόλουθο:

**Ερευνητής:** *Ωραία. Σε αυτό το έργο αξιολόγησης που είχατε και στην εξέταση υπάρχει η συζήτηση σχετικά με το αν οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται ή επινοούνται. Εσύ τι νομίζεις; Οι θεωρίες επινοούνται ή ανακαλύπτονται;*

**Φοιτήτρια:** *Θεωρώ ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν και τη δημιουργικότητα τους για να επινοήσουν κάτι αλλά υπάρχουν τα εμπειρικά δεδομένα και στηρίζονται σε εκείνα.*

**Ερευνητής:** *Άρα τη θεωρία την ανακαλύπτουν ή την επινοούν;*

**Φοιτήτρια:** *Ε ανακαλύπτουν τα δεδομένα και μετά δημιουργούν, επινοούν τη θεωρία.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Α)

Κάτι που αξίζει να αναφερθεί, είναι ότι σε δύο περιπτώσεις φάνηκε ότι οι φοιτητές είτε με πιο άμεσο είτε με πιο έμμεσο τρόπο, υποστήριξαν ότι η χρήση της επινόησης, περιορίζεται στην ονομασία των φαινομένων (Υποκατηγορία 1Δ). Η δήλωση αυτή, φανερώνει ότι οι συγκεκριμένοι φοιτητές παρόλο που τοποθετήθηκαν γενικά υπέρ της επινόησης των επιστημονικών θεωριών, εντούτοις αδυνατούσαν να αναγνωρίσουν ότι ο ρόλος της επινόησης, αφορά στη διατύπωση ολόκληρης της θεωρίας. Κατά την ανάλυση των απαντήσεων, εντοπίστηκε ένας μεμονωμένος φοιτητής, ο οποίος υποστήριξε την ανακάλυψη των επιστημονικών θεωριών (Υποκατηγορία 3Α) και τέσσερις, οι οποίοι πήραν μια ενδιάμεση τοποθέτηση (Υποκατηγορία 4Α).

Παρά τη βελτίωση στον βαθμό αναγνώρισης της επινοημένης φύσης των θεωριών από τους φοιτητές και των δύο ομάδων, εντούτοις φάνηκε ότι η επίδοση των φοιτητών της Ομάδας Α ήταν στατιστικά καλύτερη από αυτή των φοιτητών της Ομάδας Β  $U(15,18) = 97.500, Z = -2.182, p < 0.05$  – Ομάδα Α: Mean Rank=19.50, Ομάδα Β: Mean Rank=14.92).



Πίνακας 41. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 1 - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β
<b>Υποστήριξη επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		N=15	N=13
<b>1. Υποστήριξη επινόησης</b>			
A. Επινοούν θεωρίες που βασίζονται στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους	«Οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές ερμηνείες με βάση τις παρατηρήσεις τους και τη δημιουργικότητα τους η οποία πολλές φορές βασίζεται στις εμπειρίες που έχουν. Συμφωνώ περισσότερο με το μαθητή 2 γιατί για να ειπωθούν επιστημονικές θεωρίες οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους και τις επιστημονικές τους γνώσεις. Όμως για να είναι αξιόπιστη και πιο αντικειμενική μια θεωρία οι ερμηνείες που δίνονται βασίζονται στις παρατηρήσεις οι οποίες είναι για όλους οι ίδιες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=9	F=10
B. Επινοούν θεωρίες για να εξηγήσουν γιατί συμβαίνουν τα διάφορα φαινόμενα	«Πιστεύω πως οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες. Συμφωνώ με το μαθητή 2. Οι επιστήμονες για να εξηγήσουν κάποια φαινόμενα επινοούν κάποιες θεωρίες για να στηρίζουν τα φαινόμενα αυτά. Επινοούν θεωρίες που δεν μπορούν να δουν ούτως ώστε να δικαιολογήσουν κάποια φαινόμενα. οι επινοήσεις στηρίζονται στις ικανότητες τους. Ένα παράδειγμα είναι ο νόμος της βαρύτητας. Εάν αφήσω για παράδειγμα ένα λαμπτήρα από ψηλά θα πέσει κάτω. Αυτό οφείλεται στο νόμο της βαρύτητας. Οι επιστήμονες δεν ήξεραν που οφείλεται ότι πέφτει ο λαμπτήρας όμως το επινόησαν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=10	F=3
Γ. Ταύτιση ανακάλυψης με τα φαινόμενα και επινόησης με τις θεωρίες που τα εξηγούν	«Θεωρώ ότι οι επιστήμονες με βάση τα δεδομένα που κατέχουν και ανακαλύπτουν σχετικά με ένα φαινόμενο, δημιουργούν τις επινοήσεις τους..» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=5	F=2
Δ. Επινοούν ορολογίες για φυσικά φαινόμενα	«Συμφωνώ με το μαθητή 2. Για παράδειγμα κρατώ ένα αντικείμενο στον αέρα με απόσταση από το έδαφος 20cm. Αν αφήσω το αντικείμενο να κατευθυνθεί προς το έδαφος, οι επιστήμονες αυτό το φαινόμενο το ονόμασαν βαρύτητα με βάση το αποτέλεσμα της πτώσης του αντικειμένου επινόησαν το φαινόμενο, με τη δημιουργικότητα, τις παρατηρήσεις, τις επιστημονικές τους γνώσεις.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2
Ε. Επινοούν τις θεωρίες - χωρίς περεταίρω εξήγηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 2, γιατί οι επιστήμονες παρατηρούν το αποτέλεσμα μιας επιστημονικής θεωρίας. Για παράδειγμα με την τριβή ή το νόμο της βαρύτητας. Δεν βλέπεις την τριβή όταν μετακινείται ένα αυτοκίνητο απλά βλέπεις το αποτέλεσμα (ότι κινείται). Βλέπεις το μήλο που	-	F=1

	πέφτει αλλά δεν βλέπεις τη βαρύτητα να το τραβά. Επινοούν διάφορες επιστημονικές θεωρίες» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
<b>2. Απόρριψη ανακάλυψης</b>			
A. Οι επιστημονικές θεωρίες δεν υπάρχουν από πριν κάπου στη φύση.	«Συμφωνώ με το μαθητή 2. Οι επιστημονικές θεωρίες δεν ανακαλύπτονται αλλά επινοούνται. Δεν υπάρχουν κάπου, δεν είναι παρατηρήσιμες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=4
B. Ο κάθε επιστήμονας μπορεί να έχει διαφορετική θεωρία	«Συμφωνώ μόνο με το μαθητή 2. Οι επιστημονικές θεωρίες είναι ερμηνείες οι οποίες διαφέρουν από επιστήμονα σε επιστήμονα. Οι λόγοι που διαφέρουν: διαφορετικές εμπειρίες, δημιουργικότητα- φαντασία κάθε επιστήμονα διαφέρει...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2
Γ. Οι επιστημονικές θεωρίες δύνανται να τροποποιούνται και να απορρίπτονται, άρα, δεν μπορούν να ανακαλύπτονται.	«...οι θεωρίες που επινοούν έπειτα μπορεί να απορριφθούν ή να τροποποιηθούν από νέες θεωρίες ή / και με τη βοήθεια της τεχνολογίας...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=1	F=1
Δ. Τα φυσικά φαινόμενα υπήρχαν, αλλά οι εξηγήσεις τους όχι, επινοούνται.	«Μαθητής 2 -δεν υπήρχαν οι θεωρίες, υπήρχε το φαινόμενο, έκαναν πειράματα και με τις γνώσεις τους επινόησαν τη θεωρία για να εξηγήσουν το φαινόμενο. Παράδειγμα: πήξη υγρού (χρόνος πήξης) επινόησαν τι απαιτείται για να γίνει η πήξη του υγρού» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	F=1
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης επιστημονικών θεωριών</b>		-	N=1
<b>3. Υποστήριξη ανακάλυψης</b>			
A. Η επιστήμη είναι μια καθαρά εμπειρική διαδικασία. Οι επιστημονικές θεωρίες ανακαλύπτονται μέσα από προσεκτική παρατήρηση	«Πιστεύω πως οι επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες με βάση την παρατήρηση διάφορων φαινομένων. Συμφωνώ με το μαθητή 1 ότι οι επιστήμονες με βάση την παρατήρηση τους σε διάφορα πειράματα ανακαλύπτουν θεωρίες που τις βασίζουν στην παρατήρηση τους και τις αλληλεπιδράσεις διάφορων σωμάτων.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
<b>Υποστήριξη ανακάλυψης και επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>		-	N=4
<b>4. Υποστήριξη ανακάλυψης και επινόησης επιστημονικών θεωριών</b>			
A. Οι επιστημονικές θεωρίες κάποτε υπάρχουν και τις ανακαλύπτουν οι επιστήμονες αλλά κάποτε δεν υπάρχουν και οι επιστήμονες τις επινοούν.	«Συμφωνώ και με τους δύο μαθητές, αφού υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες οι επιστήμονες μπορούν και να ανακαλύψουν αλλά και να επινοήσουν μια έννοια...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=4
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>18</b>

Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος της ερώτησης του έργου αξιολόγησης 1, στο οποίο οι φοιτητές έπρεπε να αναφερθούν σε κάποιο παράδειγμα θεωρίας, για να στηρίξουν την τοποθέτηση τους, θεωρήθηκε σημαντικό το να μελετηθούν τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν στις περιπτώσεις των φοιτητών που τοποθετήθηκαν υπέρ της επινοημένης φύσης των επιστημονικών θεωριών, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση (Πίνακας 42). Όπως φαίνεται, πριν τη συμμετοχή των φοιτητών στις διδασκαλίες, κανένας δεν μπορούσε να αναφέρει κάποιο παράδειγμα επινοημένης θεωρίας, εκτός από τον μαγνητισμό (Κατηγορία 1). Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση σχεδόν όλοι οι φοιτητές που υποστήριζαν ότι οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες, εκτός από έναν σε κάθε ομάδα, ήταν σε θέση να δώσουν και ένα σχετικό παράδειγμα. Το γεγονός αυτό, αποτελεί μια ακόμα ένδειξη της βελτίωσης των συμμετεχόντων και των δύο ομάδων. Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα, η συντριπτική πλειοψηφία αναφέρθηκε στη θεωρία της βαρύτητας, η οποία συζητήθηκε κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών.

Πίνακας 42. Παραδείγματα επινοημένων θεωριών που εντοπίστηκαν στις απαντήσεις φοιτητών στο προπείραματικό και μεταπείραματικό δοκίμιο 1 - φύση της επιστήμης

Κατηγορία	Θεματική ενότητα	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β
<b>1. Αναφορά παραδείγματος</b>			-	-	N=14	N=12
Βαρύτητα		«...π.χ. ο νόμος της βαρύτητας, αφήνουμε ένα σβηστήρι από ψηλά και πέφτει στο έδαφος, αυτό το παρατηρούμε. Αλλά οι επιστήμονες για αν μπορέσουν να εμβαθύνουν και να εξηγήσουν περαιτέρω τη βαρύτητα χρησιμοποιούν τη φαντασία τους και επινοούν διάφορες ερμηνείες ούτως ώστε να προχωρήσουν παρακάτω.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	-	-	F=9	F=11
Δύναμη		«...ένα αντικείμενο αν το σπρώξω παρατηρώ πως κινείται. Με βάση τους επιστήμονες υπάρχει μια δύναμη που το προκαλεί αυτό. Έτσι επινόησαν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	-	-	F=1	F=1

Θεωρία για φαινόμενο θερμοκηπίου	«...π.χ. το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπου έκαναν παρατηρήσεις με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και μέσα, πρόσθεσαν τη φαντασία και την επινόηση τους όπου απόδωσαν μια θεωρία και ένα όνομα σε αυτό, με βάση τις παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	-	-	F=1	-
Πήξη υγρών	«...Παράδειγμα: πήξη υγρού (χρόνος πήξης) επινόησαν τι απαιτείται για να γίνει η πήξη του υγρού» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	-	-	F=1	-
Χρόνος	«...ένα αρκετά καλό παράδειγμα είναι ο χρόνος, που ακόμα δεν ορίζεται απόλυτα, αλλά μας περιγράφει το χρόνο που βρίσκεται η γη σε σχέση με άλλους πλανήτες και τον ήλιο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	-	-	F=1	-
Ανάκλαση	«...Για παράδειγμα με την ανάκλαση μπορούν να εξηγήσουν τη λειτουργία της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης ακτίνας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	-	-	F=1	-
Ηλεκτρικό ρεύμα	«...Για παράδειγμα το ηλεκτρικό ρεύμα. Στην πραγματικότητα δεν μπορούμε να δούμε το ηλεκτρικό ρεύμα όμως μπορούμε να δούμε το αποτέλεσμα του. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι επινόηση μέσα από δημιουργικότητα, όμως κανένας δεν μπορεί να αμφισβητήσει την ύπαρξη του.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	-	-	F=1	-
Τριβή	«...Για παράδειγμα με την τριβή ... Δεν βλέπεις την τριβή όταν μετακινείται ένα αυτοκίνητο απλά βλέπεις το αποτέλεσμα (ότι κινείται). ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	-	-	F=2
<b>2. Μη αναφορά παραδείγματος</b>		N=4	N=2	N=1	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>13</b>

## Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Α

Το δεύτερο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στους φοιτητές και αφορούσε στη Φύση της Επιστήμης, περιλάμβανε δύο επιμέρους ερωτήματα. Στο πρώτο από αυτά τα ερωτήματα,

οι συμμετέχοντες έπρεπε να προβληματιστούν σχετικά με το αν υπάρχει ή όχι επινόηση στην επιστήμη, και σε ένα δεύτερο στάδιο, τον τρόπο με τον οποίο διασφαλίζεται η εγκυρότητα του κλάδου. Σαν ορθή απάντηση σε αυτό το ερώτημα, θεωρήθηκε η αναφορά στον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 43, οι περισσότεροι φοιτητές υποστήριξαν ότι υπάρχει επινόηση στην επιστήμη, παρόλο που μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων φάνηκε ότι οι περισσότεροι από αυτούς αναφέρονταν με αόριστο τρόπο στον ρόλο της επινόησης. Επιπλέον, από αυτές τις απαντήσεις, μόνο στις οκτώ εντοπίστηκαν δηλώσεις που να αναφέρονταν σε τρόπους προστασίας από αυθαιρεσίες (Κατηγορία 1). Μέσα από την ανάλυση αυτών των απαντήσεων, εντοπίστηκαν τρεις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν στον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης (Υποκατηγορία 1Α). Κάποιες άλλες δηλώσεις που κατηγοριοποιήθηκαν σε αυτή την κατηγορία, αναφέρονταν στην αξία του πειραματισμού και στη συνεργασία ανάμεσα σε πολλούς επιστήμονες (Υποκατηγορία 1Β και 1Γ). Επιπρόσθετα, εντοπίστηκαν αρκετές περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι παρόλο που υποστήριξαν τη χρήση της επινόησης στην επιστήμη, εντούτοις δεν αναφέρθηκαν με οποιοδήποτε τρόπο στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης (Κατηγορία 3). Ένας άλλος φοιτητής ανέφερε ότι παρόλο που οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητα τους, εντούτοις δεν υπάρχει κάποιος τρόπος που να διαφυλάσσει την επιστήμη από αυθαιρεσίες (Κατηγορία 2). Τέλος, εντοπίστηκαν έξι συμμετέχοντες, οι οποίοι υποστήριξαν ότι η επινόηση δεν χωρεί στην επιστήμη, αναφερόμενοι στο ότι η χρήση της δημιουργικότητας δεν είναι έγκυρη (Κατηγορία 4). Ο στατιστικός έλεγχος Mann-Whitney υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος, πριν τη διδακτική παρέμβαση, ανάμεσα στις δύο ομάδες  $U(15,17) = 102.000$ ,  $Z = -1.906$ ,  $p > 0.05$ .

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, παρατηρήθηκε αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης της δήλωσης σχετικά με τον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης (Υποκατηγορία 1Α-Πίνακας 44), γεγονός που υποδεικνύει τη στατιστικά σημαντική βελτίωση των συμμετεχόντων και των δύο ομάδων (Ομάδα Α:  $Z(14) = -2.646$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(16) = -3.000$ ,  $p < 0.05$ ). Από τα δεδομένα που προέκυψαν φάνηκε ότι και οι δύο διδασκαλίες επέδρασαν ενισχυτικά ως προς τον βαθμό αναγνώρισης της αξίας του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης, χωρίς να παρατηρείται οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,17) = 97.000$ ,  $Z = -1.035$ ,  $p > 0.05$ ). Μέσα από την ανάλυση των τελικών απαντήσεων, εντοπίστηκαν κάποιες καινούριες δηλώσεις σχετικά με τον τρόπο προστασίας της επιστήμης από αυθαιρεσίες, όπως για παράδειγμα η σημασία της επανάληψης των επιστημονικών διαδικασιών και της μακροχρόνιας μελέτης (Υποκατηγορία 1Β και 1Δ).

Πίνακας 43. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Υπάρχει επινόηση – Αναφορά σε τρόπο προστασίας από αυθαιρεσίες</b>		N=6	N=2
Τρόποι προστασίας επιστήμης από αυθαιρεσίες			
A. Οι επιστήμονες στηρίζονται σε δεδομένα / παρατηρήσεις	«Διαφωνώ με το μαθητή αφού η επινόηση υπάρχει αλλά χρειάζεται η αυστηρότητα για να μην οδηγούμαστε σε αυθαιρεσίες. Με την αυστηρότητα θα πρέπει να χρησιμοποιούν τεκμήρια και έγκυρα αποτελέσματα για να οδηγούνται σε συμπεράσματα» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F= 3	-
B. Οι επιστήμονες κάνουν πειράματα	«Διαφωνώ. Η δημιουργικότητα είναι βασικό στοιχείο της επιστήμης. Οι επιστήμονες επινοούν θεωρίες και μελετούν φαινόμενα μέσω των παρατηρήσεων τους. Λόγω του ότι οι επιστήμονες κάνουν πειράματα για να καταλήξουν σε μια θεωρία, δεν μπορούμε να υποστηρίξουμε με ακρίβεια ότι όσα ανακοινώνουν είναι αυθαίρετα....» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=2
Γ. Πολλοί επιστήμονες συνεργάζονται μεταξύ τους	«Διαφωνώ διότι η επιστήμη δημιουργείται σε ένα κλίμα συνεργατικής πειραματικής έρευνας. Δεν μπορούμε ειδικά στην επιστήμη να βγάλουμε γενικεύσεις χωρίς να εξεταστεί από πολλούς.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>2. Υπάρχει επινόηση – Δεν υπάρχει προστασία από αυθαιρεσίες</b>	«Διαφωνώ με την πιο πάνω δήλωση, διότι η επιστήμη χαρακτηρίζεται τόσο από τη δημιουργικότητα και τη φαντασία του επιστήμονα, όσο και στις γνώσεις και τις θεωρίες που κατέχει. Ωστόσο, δεν μπορούμε να πούμε ότι προστατεύεται από αυθαιρεσίες, διότι ο κάθε επιστήμονας ανήκει σε συγκεκριμένη ιδεολογία, έχει συγκεκριμένες αξίες και ηθική που μπορεί να τον επηρεάζουν ως προς την διατύπωση κάποιας θεωρίας.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	-
<b>3. Υπάρχει επινόηση – Καμία αναφορά σε τρόπο προστασίας από αυθαιρεσίες</b>	«Διαφωνώ εν μέρει μαζί με το μαθητή. Θεωρώ ότι ναι η επιστήμη πρέπει να χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα αλλά αν δεν υπάρχει δημιουργικότητα ή επινόηση πώς θα μελετήσει, θα ψάξει, θα πειραματιστεί ο επιστήμονας για να καταλήξει σε μια θεωρία;» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=7	N=10
<b>4. Δεν υπάρχει επινόηση</b>	«Συμφωνώ με τη δήλωση γιατί η επιστήμη πρέπει να χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα. Οι επιστήμονες δεν γίνεται να καταλήγουν σε αυθαιρεσίες και σε αποτελέσματα που δεν ισχύουν. Για την ερμηνεία ενός φαινομένου χρειάζεται πλήρης σοβαρότητα και ακρίβεια στις παρατηρήσεις.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=5
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>17</b>

Κάτι που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση, παρατηρήθηκε ότι αρκετοί φοιτητές αναφέρθηκαν ορθά στον ρόλο της επινόησης, αναφερόμενοι στη διατύπωση των επιστημονικών θεωριών και περιορίστηκε αρκετά η αόριστη αναφορά σε

αυτόν. Επιπλέον, μέσα από την ανάλυση των δεδομένων φάνηκε ότι μειώθηκε αισθητά ο αριθμός των φοιτητών που επέλεξαν συνειδητά ή μη, να μην αναφερθούν σε πιθανούς τρόπους προστασίας της εγκυρότητας της επιστήμης (Ομάδα Α: Προπειραματικό δοκίμιο: N=7, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N=3, Ομάδα Β: Προπειραματικό δοκίμιο: N=10, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N=4). Το γεγονός αυτό ενισχύει την πεποίθηση ότι οι φοιτητές και των δύο ομάδων βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους. Τέλος, μόνο ένας φοιτητής υποστήριξε ότι δεν υπάρχει επινόηση στην επιστήμη.

Πίνακας 44. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β
<b>1. Υπάρχει επινόηση – Αναφορά σε τρόπο προστασίας από αυθαιρεσίες</b>		N=11	N=11
Τρόποι προστασίας επιστήμης από αυθαιρεσίες			
Α. Οι επιστήμονες στηρίζονται σε δεδομένα / παρατηρήσεις	«Διαφωνώ. Η επινόηση είναι μέρος της επιστημονικής διαδικασίας και βοηθά τους επιστήμονες να επεξηγήσουν, να ερμηνεύσουν τα όσα παρατηρούν. Για να αποφεύγονται αυθαιρεσίες, η ερμηνεία και η επινόηση θα πρέπει να είναι απολύτως συμβατές με τα όσα παρατηρούνται και να μην προστρέχουν ή να επεκτείνονται πέρα από αυτά.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=10	F=9
Β.Επανάληψη επιστημονικών διαδικασιών	«Διαφωνώ η επιστήμη δεν χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα. Οι επιστήμονες επινοούν αλλά πάντα αποδεικνύεται μέσα από πειράματα που επαναλαμβάνονται ....» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	F=1
Γ. Πολλοί επιστήμονες συνεργάζονται μεταξύ τους	«Διαφωνώ με το μαθητή γιατί οι επιστήμονες για να μπορέσουν να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους και να καταλήξουν σε κάποιο συμπέρασμα χρειάζεται να επινοήσουν κάτι που θα τους βοηθήσει. Για να μην υπάρχουν αυθαιρεσίες πρέπει ... να συμφωνούν όλοι οι επιστήμονες μεταξύ τους για αυτή τη θεωρία» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	-
Δ. Διεξαγωγή μακροχρόνιας μελέτης	«Διαφωνώ με τη δήλωση του μαθητή. Οι επιστήμονες επινοούν κάποιες οντότητες για να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους. Μια θεωρία δε βασίζεται μόνο στα δεδομένα αλλά και στη δημιουργικότητα του επιστήμονα. Η επινόηση δεν αποτελεί αυθαιρεσία, απλά χρειάζεται να μελετηθούν πολύ καλά τα δεδομένα και να δοθεί αρκετός χρόνος.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2
Ε. Οι επιστήμονες κάνουν πειράματα	«Διαφωνώ η επιστήμη δεν χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα. Οι επιστήμονες επινοούν αλλά πάντα αποδεικνύεται μέσα από πειράματα ....» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>2. Υπάρχει επινόηση – Καμία αναφορά σε τρόπο προστασίας από αυθαιρεσίες</b>	«Διαφωνώ. Οι επιστήμονες πολλές φορές επινοούν κάποια πράγματα για να εξηγήσουν με σαφήνεια τις παρατηρήσεις τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=3	N=4

<b>3. Δεν υπάρχει επινόηση</b>	«Συμφωνώ γιατί αν οι επιστήμονες επινοούσαν δεν θα είχαν έγκυρα αποτελέσματα γι αυτό το λόγο η επινόηση συμβιβάζεται με την αυστηρότητα της επιστήμης ώστε να μην αμφισβητούνται οι απόψεις των επιστημόνων.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	-	N=1
<b>4. Άσχετη απάντηση</b>	«Η επιστήμη πρέπει να χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα ώστε να μην επηρεάζονται οι μεταβλητές μας και να βγάσουμε λάθος συμπεράσματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>17</b>

### Έργο αξιολόγησης 2 / Ερώτημα Β

Μέσα από τη συμπλήρωση του δεύτερου ερωτήματος του δεύτερου έργου αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, επιδιώχθηκε η διερεύνηση του βαθμού κατανόησης των φοιτητών σχετικά με τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης. Συγκεκριμένα, σαν ορθή απάντηση αναμέναμε την αναγνώριση μεν του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης, ο οποίος παρόλα αυτά δεν καθιστά την επιστημονική γνώση βέβαιη και απόλυτη. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 45, πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι πιο πολλοί συμμετέχοντες φάνηκε ότι αναγνώριζαν την αβεβαιότητα που υπάρχει στην επιστήμη, κάτι που δεν αναμέναμε (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=8, Ομάδα Β: N=8). Μέσα από την περεταίρω ανάλυση των απαντήσεων, παρατηρήθηκε ότι οι φοιτητές απέδιδαν αυτή την αβεβαιότητα σε πιθανά σφάλματα στα εμπειρικά δεδομένα (Υποκατηγορία 1Α), στην πιθανότητα αναθεώρησης των επιστημονικών θεωριών στο μέλλον (Υποκατηγορία 1Β), στον υποκειμενικό χαρακτήρα των επιστημονικών ερμηνειών (Υποκατηγορία 1Γ), στην αδυναμία μελέτης όλων των εμπειρικών δεδομένων (Υποκατηγορία 1Δ ) κτλ. Επιπλέον, εντοπίστηκαν τέσσερις περιπτώσεις, στις οποίες δεν υπήρχε επεξήγηση για τον λόγο της αβεβαιότητας στην επιστήμη (Υποκατηγορία 1Η). Παρόλα αυτά, εντοπίστηκαν αρκετές απαντήσεις, στις οποίες οι φοιτητές υποστήριζαν ότι η επιστημονική γνώση είναι βέβαιη (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=3, Ομάδα Β: N=8). Οι λόγοι στους οποίους στήριζαν την τοποθέτηση τους, σχετίζονταν με τον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης (Υποκατηγορία 2Α), την ακολουθία επιστημονικών διαδικασιών όπως η διεξαγωγή πειραμάτων (Υποκατηγορία 2Β) και τη συνεργασία ανάμεσα σε πολλούς επιστήμονες, πριν τη διατύπωση μιας θεωρίας (Υποκατηγορία 2Γ). Τέλος, κατά την ανάλυση των αρχικών απαντήσεων εντοπίστηκαν κάποιες περιπτώσεις όπου οι φοιτητές δεν αναφέρονταν ρητά στον βαθμό βεβαιότητας της επιστημονικής γνώσης, σχολιάζοντας μόνο το πρώτο μέρος της δήλωσης του μαθητή που τους δόθηκε, το οποίο αφορούσε τον εμπειρικό χαρακτήρα της επιστήμης (Κατηγορία 3). Ο στατιστικός έλεγχος των δεδομένων δεν υπέδειξε οποιεσδήποτε διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(15,17) = 121.000$ ,  $Z = -0.269$ ,  $p > 0.05$ ).



Πίνακας 45. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 2 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β
<b>1. Υπάρχει αβεβαιότητα στην επιστήμη</b>		N=8	N=8
Α.Λόγω σφάλματος στα εμπειρικά δεδομένα	«Συμφωνώ στο ότι για να φτάσεις σε ένα αποτέλεσμα χρειάζεσαι παρατηρήσεις και δεδομένα. Διαφωνώ όμως στο ότι ποτέ δεν μπορείς να είσαι απόλυτα σίγουρος αν οι παρατηρήσεις και τα δεδομένα είναι απολύτως σωστά. Χρειάζεται συνεχώς διερεύνηση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=2	F=2
Β.Λόγω δυνατότητας αναθεώρησης επιστημονικών θεωριών	«Εν μέρει συμφωνώ αλλά διαφωνώ ως προς την βεβαιότητα της εγκυρότητας. Π.χ. οι επιστήμονες ήταν πεπεισμένοι ότι ο Πλούτωνας ανήκει στο ηλιακό μας σύστημα και συμπεριφέρεται όπως όλοι οι πλανήτες. Νέες έρευνες αποδεικνύουν ότι ο Πλούτωνας συμπεριφέρεται διαφορετικά και άρα δεν συμπεριλαμβάνεται στους πλανήτες του συστήματος. Άρα βεβαιότητα μέχρι την ανατροπή της θεωρίας.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2
Γ.Λόγω υποκειμενικού χαρακτήρα ερμηνειών	«Εν μέρει συμφωνώ, διότι οι επιστήμονες θα πρέπει να στηρίζουν τις ερμηνείες τους σε παρατηρήσεις και δεδομένα που προκύπτουν κατά την πειραματική διαδικασία ή την παρατήρηση κάποιου φαινομένου. Ωστόσο, ποτέ δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την εγκυρότητα του πειράματος, διότι όπως είπα και πιο πριν ο επιστήμονας μπορεί να επηρεάζεται από συγκεκριμένη ιδεολογία και απόψεις που αντικατοπτρίζονται στις ερμηνείες του. Θα πρέπει το πείραμα να επαναληφθεί αρκετές φορές, ώστε τα αποτελέσματα να είναι έγκυρα.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	-
Δ.Λόγω αδυναμίας μελέτης όλων των εμπειρικών δεδομένων	«Εν μέρει συμφωνώ. Οι παρατηρήσεις ή τα δεδομένα είναι τα βασικά μέσα "στοιχειοθέτησης" μιας υπόθεσης - κατάστασης. Ωστόσο τα φαινόμενα είναι πολλάκις πολύπλοκα και πολυσύνθετα και επομένως τα μέχρι μιας δεδομένης στιγμής συλλεχθέντα στοιχεία, ίσως δεν αρκούν για την πλήρη ερμηνεία τους. ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2
Ε.Λόγω καινούριων δεδομένων	«Δεν μπορούν να είναι πάντα απόλυτα σίγουροι ... Εξάλλου μπορεί να γίνει κάτι και τα δεδομένα αυτά να αλλάξουν σε οποιαδήποτε στιγμή.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Ζ.Λόγω μελέτης διαφορετικών δεδομένων	«Δεν μπορούν να είναι πάντα απόλυτα σίγουροι αφού κάποιος μπορεί να ερμηνεύσει το ίδιο φαινόμενο στηριζόμενος στις δικές του παρατηρήσεις...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Η. Καμία πρόσθετη εξήγηση	«Συμφωνώ με την πρώτη φράση. Οι επιστήμονες όντως στηρίζονται στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους προκειμένου να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο. Διαφωνώ όμως με το δεύτερο σκέλος, αφού κατά τη γνώμη μου, κανένας δεν μπορεί να είναι απόλυτα βέβαιος για την εγκυρότητα της ερμηνείας του πάνω σε ένα φαινόμενο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=1

<b>2. Υπάρχει βεβαιότητα στην επιστήμη</b>		N=3	N=8
A. Λόγω στήριξης σε εμπειρικά δεδομένα	«Εννοείται πως συμφωνώ διότι για να είμαστε έγκυροι και απόλυτοι θα πρέπει να στηριζόμαστε στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα, διότι θα περάσουμε σε εποχές σκοτεινές που ήταν το φαινόμενο όπου ο καθένας έλεγε αυθαίρετα την άποψη του.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=3	F=5
B. Λόγω ακολουθίας επιστημονικών διαδικασιών	«Συμφωνώ διότι για να είναι απόλυτα βέβαιοι για την εγκυρότητα της ερμηνείας τους έχουν συλλέξει τα δεδομένα τους, έχουν κάνει πειράματα, έχουν κάνει τις παρατηρήσεις τους έτσι ώστε να είναι σίγουροι.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	F=1	F=2
Γ. Λόγω συνεργασίας επιστημόνων	«Δεν μπορεί να πάρει γνώμη από μόνος του μέσα από τις δικές του παρατηρήσεις αλλά πρέπει να γενικεύσει, να πάρει γνώμες και παρατηρήσεις άλλων για να ισχύουν και να είναι έγκυρη η ερμηνεία τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
<b>3. Καμία ρητή αναφορά στο βαθμό βεβαιότητας στην επιστήμη</b>	«Συμφωνώ, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους, στηριζόμενοι στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=4	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>17</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, δεν εντοπίστηκαν οποιεσδήποτε διαφορές μεταξύ των ομάδων ( $U(14,17) = 1117.000$ ,  $Z = -0.086$ ,  $p > 0.05$ ), αφού η πλειοψηφία των φοιτητών και στις δύο ομάδες, εξακολουθούσε να αναγνωρίζει τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=6, Ομάδα Β: N=8-Πίνακας 46). Οι επεξηγήσεις με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης αφορούσαν στον υποκειμενικό χαρακτήρα των ερμηνειών (Υποκατηγορία 1Α), και στη δυνατότητα εμφάνισης νέων δεδομένων λόγω εξέλιξης της τεχνολογίας (Υποκατηγορία 1Β). Αυτά τα επιχειρήματα χρησιμοποίησαν αρκετοί συμμετέχοντες, κατά τη διάρκεια της συνέντευξης προκειμένου να στηρίξουν την τοποθέτησή τους:

**Ερευνητής:** *Ωραία. Νομίζεις ότι οι επιστήμονες όταν καταλήξουν σε μια επιστημονική θεωρία είναι βέβαιοι ότι είναι ορθή η συγκεκριμένη θεωρία;*

**Φοιτήτρια:** *Όχι δεν μπορούν να είναι βέβαιοι γιατί συνέχεια ανακαλύπτονται νέα πράγματα, η τεχνολογία η οποία αλλάζει τα αρχικά δεδομένα.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Α)

Επιπλέον, δύο γραπτές απαντήσεις φοιτητών που κατηγοριοποιήθηκαν στην πρώτη κατηγορία, αναφέρθηκαν στον θεωρητικό χαρακτήρα της επιστήμης και στη χρήση της δημιουργικότητας των επιστημόνων, τα οποία, σύμφωνα με τα λεγόμενα τους, την καθιστούν αβέβαιη (Υποκατηγορία 1Δ). Επιπρόσθετα, κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων παρατηρήθηκε ότι αρκετοί φοιτητές υποστήριζαν ακόμα και μετά τις παρεμβάσεις ότι η επιστημονική γνώση είναι βέβαιη (Κατηγορία 2), γεγονός που αποδεικνύει ότι η συγκεκριμένη πεποίθηση ήταν καλά εδραιωμένη στο μυαλό των συμμετεχόντων της

έρευνας. Η ένδειξη αυτή ίσως να εξηγεί το ότι δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στις αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης, μετά τη συμμετοχή τους στην έρευνα (Ομάδα Α:  $Z(14) = -0.173, p > 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(16) = -0.557, p > 0.05$ ). Τέλος, εντοπίστηκαν κάποιοι φοιτητές, οι οποίοι δεν σχολίασαν με ρητό τρόπο, το συγκεκριμένο σκέλος της δήλωσης που τους δόθηκε (Κατηγορία 3).

Πίνακας 46. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2/ ερώτημα Β - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Υπάρχει αβεβαιότητα στην επιστήμη</b>		N=6	N=8
Α.Λόγω υποκειμενικού χαρακτήρα ερμηνειών	«Όχι διαφωνώ με το μαθητή. Για αυτό που είναι απόλυτα σίγουροι είναι οι παρατηρήσεις, οι ερμηνείες μπορεί να διαφέρουν από επιστήμονα σε επιστήμονα.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=4	F=1
Β.Λόγω εξέλιξης τεχνολογίας	«Διαφωνώ, γιατί για τίποτα δεν μπορούμε να είμαστε απόλυτοι. Ναι ερμηνεύουν ένα φαινόμενο μέσω των δεδομένων τους αλλά με την ανάπτυξη της τεχνολογίας μπορεί να προκύψουν νέα δεδομένα τα οποία δεν μελέτησαν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=3
Γ. Λόγω αδυναμίας μελέτης όλων των εμπειρικών δεδομένων	«Δεν είναι απόλυτα βέβαιοι για την εγκυρότητα της ερμηνείας τους γιατί δεν μπορούν να παρατηρήσουν και να ελέγξουν όλα τα δεδομένα του κόσμου. ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2
Δ.Λόγω χρήσης δημιουργικότητας	«Διαφωνώ με την άποψη του μαθητή. Οι επιστήμονες για να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο στηρίζονται στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους όμως χρησιμοποιούν και τη φαντασία τους για αυτό το λόγο πολλές φορές καταλήγουν σε αυθαιρεσίες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=2
Ε.Λόγω σφάλματος στα εμπειρικά δεδομένα	«Διαφωνώ με το μαθητή γιατί ένας επιστήμονας δεν μπορεί να είναι απόλυτα βέβαιος για την εγκυρότητα της ερμηνείας του. Οι παρατηρήσεις μπορεί να είναι λανθασμένες...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Ζ.Λόγω καινούριων δεδομένων	«Συμφωνώ εν μέρει αλλά δεν μπορούν να είναι απόλυτα βέβαιοι διότι τα δεδομένα αλλάζουν, προκύπτουν νέα και έτσι κάποιες ερμηνείες ανατρέπονται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Η. Καμία πρόσθετη εξήγηση	«Συμφωνώ εν μέρει. Σίγουρα οι επιστήμονες ερμηνεύουν ένα φαινόμενο, στηριζόμενοι στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα που προκύπτουν κατά την πειραματική τους διαδικασία. Πότε όμως δεν είμαστε 100% σίγουροι ότι το αποτέλεσμα είναι απόλυτα έγκυρο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=2	F=1
<b>2. Υπάρχει βεβαιότητα στην επιστήμη</b>		N=6	N=5
Α.Λόγω στήριξης σε εμπειρικά δεδομένα	«Συμφωνώ αυτό ακριβώς συμβαίνει. Οι επιστήμονες βασίζονται στις παρατηρήσεις τους για να βγάλουν έγκυρα συμπεράσματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=3	F=3
Β.Λόγω ακολουθίας επιστημονικών διαδικασιών	«Συμφωνώ και διαφωνώ. Συμφωνώ ότι στηρίζονται σε παρατηρήσεις αλλά θα πρέπει να	F=2	F=1

	<i>υπάρχει μια αρχή και βέβαια να είναι μέσα από αξιόπιστα πειράματα.»</i> <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>		
Γ.Λόγω συνεργασίας επιστημόνων	<i>«Διαφωνώ, οι επιστήμονες εκτός από τα δεδομένα και παρατηρήσεις τους στις οποίες στηρίζονται, χρησιμοποιούν και θεωρίες και έννοιες άλλων επιστημόνων, ώστε να είναι πιο σίγουροι και πιο ορθοί στα δικά τους πειράματα και συμπεράσματα.»</i> <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	F=2
<b>3. Καμία ρητή αναφορά στο βαθμό βεβαιότητας στην επιστήμη</b>	<i>«Όχι διαφωνώ γιατί πέρα από τις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους στηρίζονται και σε έννοιες τις οποίες οι ίδιοι οι επιστήμονες έχουν επινοήσει και που όμως δεν είναι παρατηρήσιμες οπτικά.»</i> <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=2	N=4
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>17</b>

### Έργο αξιολόγησης 3 / Ερώτημα Β

Το τρίτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στο πλαίσιο της δεύτερης μελέτης, αποτελούσε μια τροποποιημένη εκδοχή του πρώτου έργου αξιολόγησης σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, που δόθηκε στην πρώτη μελέτη, το οποίο αξιολογούσε τον βαθμό κατανόησης των φοιτητών για τη διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας. Στην συγκεκριμένη εκδοχή, το δοκίμιο περιλάμβανε δύο ερωτήματα, όπου στο πρώτο οι συμμετέχοντες έπρεπε να αναφερθούν σε κάποια θεματική ενότητα, εκτός από το μαγνητισμό, στην οποία έπρεπε να εντοπίσουν ένα παράδειγμα παρατήρησης και ένα αντίστοιχο παράδειγμα ερμηνείας. Στη συνέχεια, κατά την απάντηση του δεύτερου ερωτήματος, έπρεπε να αναφέρουν έναν γενικό κανόνα διάκρισης της παρατήρησης και της ερμηνείας. Θέλοντας να διερευνήσουμε το αν οι φοιτητές ήταν σε θέση να εφαρμόσουν τον κανόνα που ανέφεραν, προβήκαμε αρχικά στην ανάλυση του δεύτερου ερωτήματος. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 47, η πλειοψηφία των φοιτητών, κατά την αρχική συμπλήρωση του ερωτήματος, ήταν σε θέση να αναφερθεί σε τουλάχιστο έναν ορθό κανόνα διαχωρισμού. Όπως και στην πρώτη μελέτη, ο κανόνας διαχωρισμού με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ήταν αυτός της «Εξήγησης», σύμφωνα με τον οποίο η βασική διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση και την ερμηνεία είναι το ότι στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει εξήγηση ενός φαινομένου (Υποκατηγορία 1Α). Άλλοι δύο ορθοί κανόνες διαχωρισμού που εντοπίστηκαν κατά την ανάλυση των απαντήσεων ήταν αυτός της «Μεταβλητότητας» και της «Βεβαιότητας» που σε μεγάλο βαθμό σχετίζονται μεταξύ τους, αφού και στις δύο περιπτώσεις η παρατήρηση γινόταν αντιληπτή σαν κάτι μόνιμο και αποδεδειγμένο, σε αντίθεση με την ερμηνεία (Υποκατηγορία 1Β και 1Γ). Σε κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις, έγινε αναφορά σε λανθασμένους κανόνες διαχωρισμού (Κατηγορία 2), όπως για παράδειγμα η «Σωστή εξήγηση», η «Βεβαιότητα» και ο «Βαθμός λεπτομέρειας» (Υποκατηγορία 2Α, 2Β και 2Γ).

Πίνακας 47. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 3/ ερώτημα Β - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Αναφορά σε ορθό κανόνα διαχωρισμού</b>		N=10	N=12
A.Εξήγηση (Παρατήρηση: δεν υπάρχει εξήγηση/Ερμηνεία: Υπάρχει εξήγηση)	«Οι παρατηρήσεις γίνονται κατά τη διάρκεια ενός φαινομένου χωρίς να αναφέρουμε τους λόγους για τους οποίους γίνεται αυτό το φαινόμενο, απλά παρατηρούμε τι συμβαίνει και το καταγράφουμε, μετά ή κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι ερμηνείες γίνονται μετά την εκτέλεση του φαινομένου με τη βοήθεια των παρατηρήσεων προσπαθώντας να εξηγήσουμε το φαινόμενο μας (για εξήγηση) ...» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=10	F=10
B.Μεταβλητότητα (Παρατήρηση: αμετάβλητη /Ερμηνεία: μεταβλητή)	«... Ακόμη το ίδιο πείραμα εάν πραγματοποιηθεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο περισσότερες από μια φορές θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Ο κάθε ερευνητής όμως μπορεί να το ερμηνεύσει διαφορετικά. Άρα παρατηρήσεις αμετάβλητες. Ερμηνείες μεταβλητές.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Γ.Βεβαιότητα (Παρατήρηση: αποδεδειγμένη/Ερμηνεία: μη αποδεδειγμένη)	«Πιστεύω, στις παρατηρήσεις έχουμε συγκεκριμένα στοιχεία και δεδομένα. Ενώ αντίθετος στις ερμηνείες είναι απλά θεωρίες που δεν αποδείχτηκαν με κάποιο τρόπο. Στις παρατηρήσεις έχουμε μετρήσεις, δεδομένα, καταγραφές κτλ ενώ στις ερμηνείες έχουμε μια θεωρία και μια άποψη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
<b>2. Αναφορά σε λανθασμένο κανόνα διαχωρισμού</b>		-	N=2
A. Σωστή εξήγηση (Παρατήρηση: εξηγούμε χωρίς να ξέρουμε αν είναι σωστό / Ερμηνεία: εξηγούμε κάτι με σωστά επιχειρήματα)	«Στην παρατήρηση απλά παρατηρείς το φαινόμενο και κάνεις υποθέσεις για τον λόγο που μπορεί να συμβαίνει. Η ερμηνεία είναι όταν αιτιολογείς το φαινόμενο, εξετάζοντας διάφορα χαρακτηριστικά του (δηλαδή γιατί συμβαίνει;)» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
B.Βεβαιότητα (Παρατήρηση: όχι απαραίτητα σωστό / Ερμηνεία: επιστημονικά αποδεδειγμένη)	«Παρατήρηση: λες και γράφεις αυτό που βλέπεις και πιστεύεις ότι είναι σωστό. .... Ερμηνεία:... Πιο σωστός. ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
Γ.Βαθμός λεπτομέρειας (Παρατήρηση: παραθέτουμε πολλές λεπτομέρειες / Ερμηνεία: παραθέτουμε λίγες λεπτομέρειες)	«Παρατήρηση: ... Λεπτομέρειες. Ερμηνεία: ... Λιγότερες λεπτομέρειες.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
<b>3. Μη αναφορά σε κανόνα διαχωρισμού</b>	«Οι ερμηνείες είναι βασικά, θεωρίες και πώς τις αντιλαμβάνεται κάποιος. Η παρατήρηση είναι κάτι που φαίνεται και δεν χρειάζεται κατ' ανάγκη συγκεκριμένες γνώσεις για να παρατηρήσει κάποιος ένα φαινόμενο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=2	N=1
<b>4. Αναφορά σε δήλωση μόνο για παρατήρηση ή ερμηνεία</b>	«Ερμηνεία --> για ποιο λόγο συμβαίνει το φαινόμενο» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=2	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>16</b>

Τέλος, εντοπίστηκαν τρεις απαντήσεις, στις οποίες οι φοιτητές δεν αναφέρονταν σε ένα κοινό κανόνα διαχωρισμού, αλλά σε μια διακριτή δήλωση για την παρατήρηση και μια για την ερμηνεία (Κατηγορία 3) και άλλες τρεις απαντήσεις, όπου γινόταν αναφορά σε δήλωση είτε μόνο για την παρατήρηση είτε μόνο για την ερμηνεία (Κατηγορία 4). Ο στατιστικός έλεγχος των αρχικών απαντήσεων, υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον τρόπο απάντησης του ερωτήματος, ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,16) = 108.000$ ,  $Z = -0.217$ ,  $p > 0.05$ ).

Κατά τη δεύτερη συμπλήρωση του έργου αξιολόγησης, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στον βαθμό κατανόησης της διάκρισης παρατήρησης – ερμηνείας (Ομάδα Α:  $Z(14) = -2.889$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(16) = -2.648$ ,  $p < 0.05$ ), αφού σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες και στις δύο ομάδες, ήταν σε θέση να αναφερθούν σε περισσότερους από έναν ορθούς κανόνες διαχωρισμού (Κατηγορία 1-Πίνακας 48). Όπως και στην περίπτωση του προπειραματικού δοκιμίου, ο κανόνας διαχωρισμού σχετικά με την ύπαρξη εξήγησης ή όχι, είχε τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (Υποκατηγορία 1Α). Μια άλλη ένδειξη της βελτίωσης των φοιτητών, ήταν το γεγονός ότι παρουσιάστηκαν καινούριοι κανόνες διαχωρισμού, όπως η «Αντικειμενικότητα», ο «Μηχανισμός που χρησιμοποιούμε» για να καταλήξουμε στις παρατηρήσεις και στις ερμηνείες, ο βαθμός «Ορατότητας» και «Ορθότητας». Όπως φάνηκε από την ανάλυση των τελικών απαντήσεων, και οι δύο διδασκαλίες επέδρασαν θετικά στους φοιτητές, αφού δεν εντοπίστηκαν οποιεσδήποτε διαφορές μεταξύ τους ( $U(15,18) = 113.500$ ,  $Z = -0.828$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 48. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 3 / ερώτημα Β - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β
<b>1. Αναφορά σε ορθό κανόνα διαχωρισμού</b>		N=15	N=16
Α.Εξήγηση (Παρατήρηση: δεν υπάρχει εξήγηση/ Ερμηνεία: Υπάρχει εξήγηση)	«Οι ερμηνείες επεξηγούν, αιτιολογούν τις παρατηρήσεις. Στις παρατηρήσεις αναφέρουμε απλά αυτό που παρατηρούμε χωρίς αιτιολόγηση (είναι αντικειμενικές) σε αντίθεση με τις ερμηνείες....» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=10	F=10
Β.Αντικειμενικότητα (Παρατήρηση: Αντικειμενική / Ερμηνεία: Υποκειμενική)	«...Είναι αντικειμενικές αφού όλοι μπορούμε να καταλήξουμε στο ίδιο. Η ερμηνεία δεν είναι αντικειμενική, αλλά αντιθέτως υποκειμενική. Δεν μπορούμε να δώσουμε όλοι την ίδια ερμηνεία σε ένα φαινόμενο αφού ο καθένας έχει διαφορετικό τρόπο σκέψης, αντίληψης των όσων συμβαίνουν, φαντασία και δημιουργικότητα....» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=7	F=8
Γ.Μηχανισμός που	«Παρατηρήσεις: γίνονται μέσα από τις αισθήσεις	F=9	F=5

χρησιμοποιούμε (Παρατήρηση: αισθήσεις / Ερμηνεία: λογική, γνώσεις και δημιουργικότητα)	μας Ερμηνείες: χρησιμοποιούμε τη φαντασία μας και τη δημιουργικότητα μας. Οι παρατηρήσεις είναι κάτι που βλέπουμε, χρησιμοποιούμε τις αισθήσεις μας για αυτές. Στις ερμηνείες χρησιμοποιούμε τη φαντασία μας για να προχωρήσουμε και να φτάσουμε σε κάποιο αποτέλεσμα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>		
Δ.Μεταβλητότητα (Παρατήρηση: αμετάβλητη /Ερμηνεία: μεταβλητή)	«...Τέλος οι παρατηρήσεις δεν μπορούν να αλλάξουν αν δεν αλλάξει το φαινόμενο ενώ οι ερμηνείες αλλάζουν, εμπλουτίζονται ή αναιρούνται ανάλογα με τους επιστήμονες και τις γνώσεις τους που έχουν και αποκτούν» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	F=1	F=1
Ε.Ορατό (Παρατήρηση: είναι κάτι ορατό / Ερμηνεία: δεν είναι ορατό οπτικά)	«Οι παρατηρήσεις είναι οπτικές ή άλλες διατάξεις που στηρίζονται στα αποτελέσματα ενός φαινομένου ή πειράματος. ... Κριτήρια: Παρατηρήσεις --> οπτικές, ... Ερμηνείες --> ... όχι οπτικές» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	-	F=2
Ζ.Ορθότητα (Παρατήρηση: είναι γενικά αποδεκτή / Ερμηνεία: μπορεί να υπάρξουν και λανθασμένες ερμηνείες)	«Οι παρατηρήσεις ... Είναι βασισμένες σε έγκυρα στοιχεία και έχουν πάντα ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα που μπορεί να παρατηρηθεί. .... Μια ερμηνεία μπορεί να είναι λανθασμένη ή ορθή. ...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	F=1
<b>2. Αναφορά σε λανθασμένο κανόνα διαχωρισμού</b>		- <sup>7</sup>	-
Α.Από ποιον γίνεται; (Παρατήρηση: Από οποιοδήποτε / Ερμηνεία: Εξειδικευμένα άτομα)	«...Όλοι έχουν τις ίδιες παρατηρήσεις χωρίς να χρειάζεται να έχεις κάποιος συγκεκριμένες γνώσεις. Οι ερμηνείες ...όμως ..ίσως χρειάζονται περισσότερες γνώσεις για να κάνει κάποιος ερμηνείες ...» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	F=1	-
<b>3. Αναφορά σε δήλωση μόνο για παρατήρηση ή ερμηνεία</b>	«Οι ερμηνείες υπάρχουν για να ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις. Ερμηνείες χωρίς παρατηρήσεις δεν υφίστανται. Π.χ. στην ενότητα του μαγνητισμού παρατηρήσαμε στο πείραμα με το χαρτόνι και τα ρινίσματα σιδήρου την έντονη αλληλεπίδραση σε συγκεκριμένα σημεία, τα οποία στο τέλος καταλάβαμε ότι είναι μαγνητικοί πόλοι. Ενώ παράλληλα είδαμε τις μαγνητικές γραμμές που σχηματίστηκαν.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>18</b>

### Έργο αξιολόγησης 3 / Ερώτημα Α

Η δυνατότητα αναφοράς σε συγκεκριμένα παραδείγματα παρατήρησης και ερμηνείας, αξιολογήθηκε μέσα από το πρώτο ερώτημα του έργου αξιολόγησης. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 49, οι περισσότεροι φοιτητές πριν τη διδακτική παρέμβαση, παρόλο που όπως φάνηκε από την ανάλυση του δεύτερου ερωτήματος, ήταν σε θέση να αναφερθούν σε τουλάχιστον ένα ορθό κανόνα διαχωρισμού παρατήρησης – ερμηνείας, εντούτοις δεν μπορούσαν να αναφέρουν ένα ορθό σχετικό παράδειγμα, οποιασδήποτε θεματικής ενότητας εκτός από τον μαγνητισμό (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=7, Ομάδα Β:

<sup>7</sup> Στην περίπτωση που σε μια απάντηση συνυπήρχε κάποιος ορθός και κάποιος λανθασμένος κανόνας διαχωρισμού, τότε ο φοιτητής κατατασσόταν στην κατηγορία των ορθών απαντήσεων

N=7). Ως ορθές κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις, στις οποίες οι παρατηρήσεις αφορούσαν παραδείγματα φυσικών φαινομένων, όπου οι αντίστοιχες ερμηνείες περιλάμβαναν εξήγηση του φαινομένου, κάνοντας αναφορά στην αντίστοιχη επινοημένη οντότητα, χωρίς όμως να αξιολογείται η ορθότητα του περιεχομένου. Όπως φάνηκε από την ανάλυση των συγκεκριμένων απαντήσεων, οι φοιτητές φάνηκε να δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν τη διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση και την ερμηνεία, αφού σε κάποιες περιπτώσεις αναφέρονταν σε παραδείγματα ερμηνείας και τα ονόμαζαν παρατηρήσεις. Ένα σχετικό παράδειγμα φαίνεται στον Πίνακα 49 (Κατηγορία 2) όπου στη συγκεκριμένη απάντηση, η φοιτήτρια αναφέρθηκε τόσο στην περίπτωση της παρατήρησης, όσο και στην περίπτωση της ερμηνείας, σε παράδειγμα επινοημένης έννοιας (δύναμη), αφού φαίνεται ότι αδυνατούσε να αντιληφθεί ότι τα παραδείγματα αυτά, αποτελούσαν επιστημονικές ερμηνείες. Επιπλέον, όπως προέκυψε από την ανάλυση των απαντήσεων, αρκετοί φοιτητές αναφέρονταν σε παραδείγματα ερμηνείας, ενώ παρέθεταν παραδείγματα παρατήρησης, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα: «Μια παρατήρηση για την ενότητα για την πήξη του νερού είναι ότι όταν ψύζουμε το νερό αυτό γίνεται από υγρό σε στερεό (παγάκι). Μια ερμηνεία είναι ότι πάντα το νερό σε θερμοκρασία 0 βαθμών Κελσίου και κάτω γίνεται από υγρό σε στερεό.» (Φοιτητής, Ομάδα Α). Όπως φαίνεται, ο συγκεκριμένος φοιτητής αντιλαμβανόταν την έννοια της ερμηνείας σαν ένα γενικό συμπέρασμα, το οποίο όμως δεν διέφερε ουσιαστικά από το παράδειγμα της παρατήρησης που παρέθεσε.

Συνολικά μόνο έντεκα φοιτητές ήταν σε θέση, πριν τη διδακτική παρέμβαση, να αναφέρουν ορθά παραδείγματα παρατήρησης και ερμηνείας (Κατηγορία 1) επικαλούμενοι διάφορα φυσικά φαινόμενα, όπως η τριβή, η βαρύτητα, το ηλεκτρικό ρεύμα κτλ. Κατά την ανάλυση των απαντήσεων, εντοπίστηκαν επιπλέον τέσσερις περιπτώσεις, όπου δεν ήταν ξεκάθαρο το τι όριζαν οι φοιτητές σαν παράδειγμα παρατήρησης και ερμηνείας (Κατηγορία 3), καθώς και μια περίπτωση όπου μια φοιτήτρια δήλωσε ότι δεν γνώριζε κάποιο σχετικό παράδειγμα (Κατηγορία 4). Κατά τον στατιστικό έλεγχο των αρχικών απαντήσεων, δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,16) = 110.000$ ,  $Z = -0.100$ ,  $p > 0.05$ ).



Πίνακας 49. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 3/ ερώτημα Α - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β
<b>1. Ορθή αναφορά σε παράδειγμα παρατήρησης – ερμηνείας</b>		N=5	N=6
Τριβή	«Τριβή. Όταν υπάρχουν δύο αυτοκίνητα με την ίδια ταχύτητα, σε διαφορετικό σώμα και το ένα σταματά πιο γρήγορα από το άλλο. Ερμηνεία: Το πιο λείο δάπεδο επιτρέπει στο αυτοκινητάκι να πάει πιο μακριά ενώ στο πιο ανώμαλο δάπεδο το αυτοκινητάκι σταματά πιο γρήγορα. Άρα τα λεία σώματα έχουν πιο λίγη τριβή από τα τραχεία.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	N=2
Βαρύτητα	«Βαρύτητα. Μπορεί εύκολα να παρατηρήσει / να δει κάποιος πως τα πάντα πέφτουν στο πάτωμα και δεν αιωρούνται στον αέρα όπως στο διάστημα. Η βαρύτητα είναι μια δύναμη που έλκει η Γη προς τα διάφορα αντικείμενα και δεν πετούν. Η βαρύτητα μπορεί να μετρηθεί σε newton και στη Γη είναι δεκαπλάσια από ότι στη σελήνη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=1
Ηλεκτρικό ρεύμα	«Ηλεκτρικά κυκλώματα. Παρατήρηση: ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα με δύο καλώδια και ένα λαμπτήρα δεν φωτοβολεί. Ερμηνεία: Ο λαμπτήρας δεν φωτοβολεί, διότι το κύκλωμα βραχυκυκλώθηκε. Αυτό συμβαίνει διότι στο κύκλωμα υπάρχουν δύο δίοδοι, και το ηλεκτρικό κύκλωμα κινείται προς την κατεύθυνση που θα βρεί την μικρότερη αντίσταση.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=2	-
Ήχος	«Ο ήχος είναι η θεματική ενότητα και μια παρατήρηση είναι ότι ο ήχος μεταδίδεται καλύτερα στα στερεά σώματα αντί στον αέρα. Η ερμηνεία είναι ότι στα στερεά σώματα τα μόρια είναι πυκνότερα μεταξύ τους με αποτέλεσμα ο ήχος να μεταδίδεται πιο εύκολα ενώ στο αέρα είναι πιο αραιά μεταξύ τους έτσι δεν μεταδίδεται τόσο εύκολα ο ήχος και δεν ακούγεται τόσο καλά όσο στα στερεά σώματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	
Φαινόμενο θερμοκηπίου	«Μια θεματική ενότητα της φυσικής είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μια παρατήρηση που θα μπορούσε να κάνει κάποιος στο φαινόμενο αυτό είναι η αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό προκύπτει επειδή κάποιες ακτίνες από τον ήλιο δεν φεύγουν από την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία και έτσι να έχουμε το λιώσιμο των πάγων.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	-	N=1
Αδράνεια	«Αδράνεια: Όταν το αυτοκίνητο κινείται και είμαστε μέσα άνθρωποι. Όταν σταματήσουμε απότομα, τότε τα σώματα μας έρχονται προς τα μπροστά. Ερμηνεία: όταν το σώμα μας κινείται με μια συγκεκριμένη ταχύτητα και υπάρξει απότομη μεταβολή στην ταχύτητα μας, τότε το σώμα μας αντιστέκεται στη δύναμη που αλλάζει την αρχική μας ταχύτητα με αποτέλεσμα να μετακινηθούμε μπροστά.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		N=1
Φως	«Θεματική ενότητα: Φως-σκιάς. Παρατήρηση: Τα διαφανές αντικείμενα δεν δημιουργούν σκιά.»		N=1

		<i>Ερμηνεία: Τα διαφανές αντικείμενα δεν έχουν σκιά γιατί το φώς τα διαπερνά και έτσι δεν δημιουργείται η σκιά τους, δεν είναι εμπόδιο τα αδιαφανές αντικείμενα ώστε να δημιουργούν σκιά.»</i> <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
2. Αποτυχημένη αναφορά σε παράδειγμα παρατήρησης ερμηνείας –		«Παρατήρηση: όταν σε ένα σώμα ασκούνται ταυτόχρονα δύο ισοδύναμες δυνάμεις αντίθετης φοράς τότε το σώμα μένει στη θέση ακίνητο. Ερμηνεία: αυτό συμβαίνει γιατί η συνισταμένη δύναμη των δύο δυνάμεων δηλαδή αυτή που μπορεί να τις αντικαταστήσει είναι 0 δηλαδή λες και η μια εξουδετερώνει την άλλη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=7	N=7
3. Ασαφής αναφορά σε παράδειγμα παρατήρησης ερμηνείας –		«Ο 1ος νόμος του Νεύτωνα, δράσης- αντίδρασης όπου όταν ρίξουμε π.χ. μια μπάλα σε ένα τοίχο θα επιστρέψει με ίση και αντίθετη φορά πίσω σε εμάς.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=2	N=2
4. Καμία αναφορά σε παράδειγμα παρατήρησης ερμηνείας –		«Δεν ξέρω. Καλύτερα να είναι δεδομένο το θέμα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>			<b>14</b>	<b>16</b>

Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση των φοιτητών (Ομάδα Α:  $Z(14) = -2.449$ ,  $p < 0.05$ , Ομάδα Β:  $Z(16) = -2.714$ ,  $p < 0.05$ ), αφού οι περισσότεροι συμμετέχοντες και των δύο ομάδων, αναφέρθηκαν ορθά σε παράδειγμα παρατήρησης και ερμηνείας (Κατηγορία 1). Μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων, παρατηρήθηκε ότι οι θεματικές ενότητες που επιλέχθηκαν από τους περισσότερους φοιτητές ήταν η «Βαρύτητα» και το «Ηλεκτρικό ρεύμα». Όπως φαίνεται από τα παραδείγματα που παραθέτονται στον Πίνακα 50, μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι φοιτητές κατανόησαν ότι οι ερμηνείες περιλαμβάνουν εξηγήσεις για ένα φαινόμενο, οι οποίες αποτελούν επινοήσεις των επιστημόνων, σε αντίθεση με τις παρατηρήσεις, οι οποίες αποτελούν γεγονότα που γίνονται αντιληπτά μέσω των αισθήσεων. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη της βελτίωσης του βαθμού κατανόησης για την διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας. Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων, εντοπίστηκαν επιπλέον πέντε περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι απέτυχαν να αναφερθούν σε παράδειγμα παρατήρησης και ερμηνείας (Κατηγορία 2). Τέλος, οι τελικές απαντήσεις που δόθηκαν από τους φοιτητές των δύο ομάδων, δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $U(15,18) = 123.000$ ,  $Z = -0.698$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 50. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 3 / ερώτημα Α - φύση της επιστήμης

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Δ. Ομάδα Α	Μ.Δ. Ομάδα Β
<b>1. Ορθή αναφορά σε παράδειγμα παρατήρησης – ερμηνείας</b>		N=12	N=16
Βαρύτητα	«Θεματική ενότητα: Βαρύτητα. Παρατήρηση: όταν αφήσω ένα αντικείμενο από ένα σημείο ανεξαρτήτως ύψους, χρόνου, υλικού, μάζας, σχήματος, όγκου κάποια στιγμή θα φτάσει στο έδαφος. Ερμηνεία: Τα αντικείμενα φτάνουν στη γη, λόγω της βαρύτητας (επιτόνηση) δηλαδή το αντικείμενο έλκεται από τη γη.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	N=2	N=6
Ηλεκτρικό ρεύμα	«Μια θεματική ενότητα στη φυσική είναι τα κυκλώματα. Μια παρατήρηση είναι ότι αν τοποθετήσω 1 λαμπτήρα που το άκρο του λαμπτήρα ακουμπάει στο άκρο της μπαταρίας και το άλλο άκρο του λαμπτήρα ακουμπά το άλλο άκρο της μπαταρίας ο λαμπτήρας ανάβει. Αυτό είναι μια παρατήρηση. Μια ερμηνεία για αυτή την παρατήρηση είναι ότι το ρεύμα κάνει κυκλική διαδρομή (από το λαμπτήρα-μπαταρία- λαμπτήρα-μπαταρία. » <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=4	N=2
Τριβή	«Θεματική ενότητα: Τριβή. Παρατήρηση: Σε στεγνό έδαφος παρατηρούμε πως ένα αυτοκίνητο διανύει πιο μικρή απόσταση ενώ σε βρεγμένο έδαφος διανύει μεγαλύτερη απόσταση. Σταθεροί παράγοντες: ταχύτητα αυτοκινήτου, αυτοκίνητο, ίδιο έδαφος Μεταβλητός παράγοντας: στεγνό - βρεγμένο έδαφος Ερμηνεία: Σε βρεγμένο έδαφος ένα αυτοκίνητο διανύει μεγαλύτερη απόσταση γιατί η τριβή της επιφάνειας μειώνεται.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=2
Θερμότητα	«Θερμότητα. Παρατήρηση: Το μεταλλικό αντικείμενο το νιώθουμε πιο κρύο από το χάρτινο ενώ ήταν στην ίδια θερμοκρασία δωματίου όλη μέρα και έχουν την ίδια θερμοκρασία. Ερμηνεία: Το μεταλλικό αντικείμενο είναι καλός αγωγός της θερμότητας και έτσι με το άγγιγμα του χεριού μας, περισσότερη θερμότητα ξεφεύγει από το χέρι μας και για αυτό νιώθουμε το μεταλλικό αντικείμενο πιο κρύο ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=2	N=1
Δράση – Αντίδραση	«Νόμοι του Νεύτωνα. Δράση - αντίδραση. Για παράδειγμα κλωτσώ μια μπάλα στο τοίχο και επιστρέφει πίσω. Παρατηρούμε ότι η μπάλα επιστρέφει πίσω με την ίδια ταχύτητα με το κλώτσημα της μπάλας. Ερμηνεία: Το αντικείμενο κτυπά στον τοίχο με ίση δύναμη, αντίθετη φορά και ίδια ταχύτητα.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=2	N=1
Δύναμη	«Από τη θεματική ενότητα των δυνάμεων μια παρατήρηση που γίνεται είναι όταν σπρώξω με το χέρι μου ένα ακίνητο σώμα τότε αυτό κινείται προς την κατεύθυνση που το σπρώχνω. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι σπρώχνοντας το σώμα ασκώ πάνω του μια δύναμη που το αναγκάζει να κινηθεί και αφού δεν υπάρχει μια δύναμη αντίθετης φοράς και ίσης	-	N=1

	δύναμης με αυτή που του ασκώ, το σώμα κινείται. Άρα οφείλεται στην άσκηση δύναμης.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
Καύση	«Ατμοσφαιρική πίεση. Η παρατήρηση που θα μπορούσε να γίνει στο πείραμα είναι όταν κάποιος πιάσει ένα κερί και ένα ποτήρι. Ανάβει το κερί και τοποθετεί από πάνω το ποτήρι. Παρατηρούμε ότι το κερί σβήνει. Ερμηνεία του φαινομένου είναι ότι το κερί σβήνει λόγω του ότι η φλόγα καίει και το οξυγόνο εξαντλήται. Έτσι η καύση είναι αδύνατη χωρίς την ύπαρξη οξυγόνου» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	$N=1$	-
Αδράνεια	«Θεματική ενότητα: Αδράνεια σωμάτων. Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με μεγάλη / μέτρια ταχύτητα και ξαφνικά σταματήσει, τα άτομα σώματα κινούνται μπροστά - παρατήρηση. Ερμηνεία: Αρχικά το αυτοκίνητο με τα σώματα / άτομα είχαν μια αρχική ταχύτητα. Έτσι τα σώματα / άτομα έχουν την ιδιότητα να θέλουν να αντιδράσουν / να παραμείνουν / να αντισταθούν στην απότομη αλλαγή της κίνησης τους με αποτέλεσμα να κινούνται προς τα μπροστά.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	$N=1$
Αντανάκλαση	«Το φαινόμενο της αντανάκλασης. Μια παρατήρηση είναι πως όταν βάλουμε ένα αντικείμενο μπροστά από ένα καθρέφτη, τότε το αντικείμενο αυτό θα εμφανιστεί και πάνω στον καθρέφτη και θα το βλέπουμε. Μέσα από τις παρατηρήσεις μας και τα δεδομένα μας αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι ακτίνες φωτός που πέφτουν στο αντικείμενο κατευθύνονται στον καθρέφτη και ο καθρέφτης έχει την ιδιότητα να αντανάκλα τις ακτίνες αυτές. Όταν οι ανακλώμενες ακτίνες πέσουν στο μάτι του ανθρώπου, τότε το αντικείμενο αυτό θα εμφανιστεί το ίδιο ακριβώς μπροστά του στον καθρέφτη, το οποίο στην ουσία είναι ένα φανταστικό είδωλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	$N=1$
Πίεση	«Θεματική ενότητα: Πίεση. Σε 2 μπολ έχω την ίδια μάζα αλεύρι, χρησιμοποιώ 2 σαπούνια διαφορετικής μάζας και τα ρίχνω από το ίδιο μήκος κατεύθυνσης. Στο μπολ με τη μεγαλύτερη μάζα σαπουνιού παρατηρώ το σαπούνι να είναι σε περισσότερο βάθος από το μπολ με την μικρότερη μάζα σαπουνιού. Λόγω της αυξημένης μάζας του σαπουνιού υπάρχει περισσότερη πίεση, ενώ λόγω της μικρής μάζας σαπουνιού, το σαπούνι είχε μικρότερο βάθος στο αλεύρι, διότι υπήρχε μικρότερη πίεση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	$N=1$
2. Αποτυχημένη αναφορά σε παρατήρησης ερμηνείας παράδειγμα –	«Η παρατήρηση που θα μπορούσε να κάνει κάποιος για την ενότητα κύκλωμα είναι πως η φωτεινότητα του λαμπτήρα είναι μια ένδειξη ότι διαπερνάται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η ερμηνεία που μπορεί να δοθεί στην περίπτωση αυτή είναι εφόσον η φωτεινότητα είναι ένδειξη ότι υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος, όταν ο λαμπτήρας δεν ανάβει δεν υπάρχει ρεύμα ή αν υπάρχει δεν είναι ικανοποιητικό για να ανάψει ο λαμπτήρας.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	$N=3$	$N=2$
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>15</b>	<b>18</b>

### 6.3. Ανάλυση δεδομένων από τα έργα αξιολόγησης σχετικά με την κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού

#### Έργο αξιολόγησης 1

Το πρώτο έργο αξιολόγησης που δόθηκε στους φοιτητές και επιδίωκε στην αξιολόγηση του βαθμού αναγνώρισης των επιστημολογικών εννοιών σχετικά με τον μαγνητισμό, στόχευε αρχικά στο να προβληματίσει τους συμμετέχοντες της έρευνας σχετικά με το αν είναι αποδεκτή η χρήση της επινόησης στην επιστήμη (1<sup>ο</sup> επίπεδο κωδικοποίησης). Στην περίπτωση που ένας φοιτητής συμφωνούσε με αυτή τη δήλωση, θα έπρεπε να αναφέρει μια αντίστοιχη έννοια από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού (2<sup>ο</sup> επίπεδο κωδικοποίησης) και στη συνέχεια να προσδιορίσει την αξία της συγκεκριμένης έννοιας (3<sup>ο</sup> επίπεδο κωδικοποίησης). Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 51, πριν τη διδακτική παρέμβαση αρκετοί φοιτητές υποστήριζαν ότι η επινόηση είναι αποδεκτή στην επιστήμη (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N =9, Ομάδα Β: N = 6). Παρόλα αυτά, μόνο πέντε φοιτητές από κάθε ομάδα ήταν σε θέση να αναφερθούν σε τουλάχιστον ένα παράδειγμα επινοημένης έννοιας από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού (Υποκατηγορία 1Α), με τους περισσότερους από αυτούς να κάνουν την έγκυρη αναφορά σε σχετικές έννοιες (Υποκατηγορία 1Α1). Σαν έγκυρες κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις που περιείχαν τουλάχιστον μια από τις ακόλουθες έννοιες: Μαγνητικό πεδίο, μαγνητικές γραμμές, μαγνητικοί πόλοι, μαγνητική δύναμη, αφού αυτές αποτελούν παραδείγματα επινόησης από τη συγκεκριμένη θεματική ενότητα. Σαν μη έγκυρες (Υποκατηγορία 1Α2) κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρονταν σε έννοιες που αποτελούν παρατηρήσεις, όπως οι μαγνητικές αλληλεπιδράσεις (έλξη, άπωση). Κατά την ανάλυση των έγκυρων απαντήσεων, παρατηρήθηκε ότι η έννοια που εμφανίστηκε τις περισσότερες φορές ήταν το «μαγνητικό πεδίο» (Ομάδα Α: F=3, Ομάδα Β: F=4 ), παρόλο που κάποιοι μεμονωμένοι φοιτητές αναφέρθηκαν στην έννοια των «μαγνητικών γραμμών» και της «μαγνητικής δύναμης». Από αυτές τις αναφορές, μόνο οι 2 συνοδεύονταν από εξήγηση της αξίας της εκάστοτε έννοιας (Ομάδα Α: F = 2). Η μια από αυτές που αφορούσε στο μαγνητικό πεδίο είναι η ακόλουθη: «...παράδειγμα μαγνητισμού είναι το μαγνητικό πεδίο που μας βοηθά να κατανοήσουμε διάφορες έννοιες που αφορούν το μαγνητισμό, τη συμπεριφορά του μαγνήτη κτλ.» (Φοιτήτρια, Ομάδα Α). Η εξήγηση αυτή κωδικοποιήθηκε ως αόριστη, αφού δεν περιλάμβανε μια συγκεκριμένη περιγραφή. Η δεύτερη εξήγηση που εντοπίστηκε, αφορούσε στην έννοια των «μαγνητικών γραμμών» και σύμφωνα με αυτήν: «...οι επιστήμονες επινόησαν τις μαγνητικές γραμμές οι οποίες δείχνουν το μαγνητικό πεδίο.» (Φοιτήτρια, Ομάδα Α). Η εξήγηση αυτή κωδικοποιήθηκε ως μερικώς ορθή, αφού δεν επεξηγούσε ακριβώς την αξία της έννοιας των

μαγνητικών γραμμών, αλλά παρόλα αυτά φανέρωνε κάποιο βαθμό κατανόησης σχετικά με τη σχέση των μαγνητικών γραμμών και του μαγνητικού πεδίου.

Υπήρχαν κάποιοι φοιτητές (Υποκατηγορία 1B), που παρόλο που υποστήριξαν ότι είναι αποδεκτή η χρήση της επινόησης στην επιστήμη, εντούτοις δήλωσαν ότι δεν γνώριζαν παράδειγμα επινοημένων εννοιών από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού, ή επέλεξαν συνειδητά ή μη, να παραμείνουν στο πρώτο σκέλος του ερωτήματος του έργου αξιολόγησης. Τέλος, εντοπίστηκαν δεκατρείς περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι τοποθετήθηκαν εναντίον της χρήσης της επινόησης στην επιστήμη (Κατηγορία 2), αναφέρονταν δηλώσεις όπως το ότι η επινόηση πλήττει την αξιοπιστία του κλάδου και ότι οι επιστήμονες στηρίζονται μόνο σε απτά στοιχεία και αποδείξεις. Ο στατιστικός έλεγχος των αρχικών απαντήσεων των φοιτητών υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον τρόπο απάντησης του ερωτήματος, ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(12,16) = 65.500$ ,  $Z = -1.514$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 51. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 1 - επιστημολογικές διαστάσεις

Κατηγορίες		Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β
<b>1. Η επινόηση είναι αποδεκτή</b>			N=9	N=6
Α. Αναφορά σε επινοημένη έννοια μαγνητισμού			N=5	N=5
Α1. Έγκυρη αναφορά			N=4	N=5
Μαγνητικό πεδίο	Εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 λόγω του ότι οι επιστήμονες αναφέρονται σε πράγματα που μπορεί να επινοήσουν ή να ανακαλύψουν τα οποία τους βοηθούν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα, χωρίς να είναι ανάγκη να παρατηρηθούν. Παράδειγμα μαγνητισμού είναι το μαγνητικό πεδίο που μας βοηθά να κατανοήσουμε διάφορες έννοιες που αφορούν το μαγνητισμό, τη συμπεριφορά του μαγνήτη κτλ.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	Fολ=3 F=1	Fολ=4
	Μη εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί οι επιστήμονες αναφέρονται σε πράγματα που δεν έχουν παρατηρηθεί για παράδειγμα το μαγνητικό πεδίο. Δεν μπορούμε να το παρατηρήσουμε με γυμνό μάτι και δεν ξέρω αν παρατηρείται μέσα από άλλης μορφής μέσο (π.χ. κάμερα ακρίβειας) αλλά υποθέτουν μέσα από παρατηρήσεις τους ότι σχηματίζεται με το συγκεκριμένο τρόπο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=2	F=4
Μαγνητικές γραμμές	Εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 αφού στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού, οι επιστήμονες επινόησαν τις μαγνητικές γραμμές οι οποίες δείχνουν το μαγνητικό πεδίο. Τις μαγνητικές γραμμές δεν μπορούμε να τις δούμε με γυμνό μάτι	Fολ=1 F=1	Fολ=1

		αλλά ξέρουμε ότι υπάρχουν και μας βοηθούν να κατανοήσουμε το μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>		
	Μη εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με τον μαθητή 2, ο οποίος υποστηρίζει ότι οι επιστήμονες μέσα από συνεπείς παρατηρήσεις μπορούν να αναφέρονται σε πράγματα που επινοούν ότι υπάρχουν. Ένα παράδειγμα από το μαγνητισμό που πιστεύω ότι επιβεβαιώνει αυτή τη θέση είναι η ύπαρξη του μαγνητικού πεδίου (μαγνητικών γραμμών) οι οποίες δεν είναι ορατές όμως παρατηρούμε τα αποτελέσματα τους ότι δηλαδή έλκουν μεταλλικά αντικείμενα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		F=1
Μαγνητικές δυνάμεις	Εξήγηση έννοιας		-	Fολ=1
	Μη εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2: Παράδειγμα από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού μια μαγνητική ράβδος που είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένη και ένα σώμα χωρίς μάζα για να σχηματίσουμε την δύναμη που εξασκεί η ράβδος στο σώμα και την κίνηση που θα κάνει.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		F=1
A2. Μη έγκυρη αναφορά		«Συμφωνώ με τον μαθητή 2. Οι επιστήμονες προκειμένου να ανακαλύψουν ή να επινοήσουν κάποια φαινόμενα του φυσικού κόσμου θα πρέπει να έχουν φαντασία και δημιουργικότητα. Τα πράγματα που επινοούν όμως θα πρέπει να στηρίζονται σε παρατηρήσιμες αποδείξεις, προκειμένου αυτά που αναφέρουν να έχουν μια λογική και να είναι 'αλήθεια'. Παράδειγμα: Για να ελέγξουν ποια αντικείμενα έλκονται από το μαγνήτη, ελέγχουν διάφορα υλικά, μέταλλα και αμέταλλα, με σκοπό να καταλήξουν κάπου. Τα μέταλλα έλκονται από τους μαγνήτες.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	-
B. Δεν γνωρίζω / Καμία αναφορά σε επινοημένη έννοια μαγνητισμού		«Συμφωνώ με το μαθητή 2, διότι πολλές φορές οι επιστήμονες ανακαλύπτουν νέα πράγματα και φαινόμενα, πάντα βέβαια με συνέπεια στις παρατηρήσεις τους. Δεν γνωρίζω παραδείγματα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=4	N=1
<b>2. Η επινόηση δεν είναι αποδεκτή</b>		«Συμφωνώ με το μαθητή 1, διότι η επιστήμη πρέπει να μιλά και να δουλεύει με στοιχεία, με πράγματα που υπάρχουν. Έτσι ότι ανακαλύπτουν οι επιστήμονες θα μπορούν να το τεκμηριώσουν χωρίς να μπορεί κάποιος να το αμφισβητήσει.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=3	N=10
<b>Σύνολο (N)</b>			<b>12</b>	<b>16</b>

Μετά την εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων, η πλειοψηφία των φοιτητών, εκτός από δύο περιπτώσεις (Κατηγορία 2-Πίνακας 52), υποστήριξαν ότι η επινόηση είναι

αποδεκτή στην επιστήμη (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N= 14, Ομάδα Β: N = 15). Το εύρημα αυτό ήταν σε μεγάλο βαθμό αναμενόμενο, αφού και οι δύο ομάδες διδάχθηκαν στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης. Όσον αφορά το δεύτερο επίπεδο κωδικοποίησης, παρατηρήθηκε ότι δέκα φοιτητές από την Ομάδα Α και δεκατρείς από την Ομάδα Β, ανέφεραν στην απάντηση τους ένα παράδειγμα επινόησης από τον μαγνητισμό, αλλά από αυτούς μόνο οι εννιά και οι έντεκα αντίστοιχα, έκαναν μία έγκυρη αναφορά σε κάποια επινοημένη έννοια (Υποκατηγορία 1Α1). Και σε αυτή την περίπτωση, όπως και στο προπαρασκευαστικό δοκίμιο, η έννοια με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ήταν το «μαγνητικό πεδίο» (Ομάδα Α: F = 5, Ομάδα Β: F = 8). Παρόμοια εικόνα εντοπίστηκε και κατά την ανάλυση των τελικών συνεντεύξεων, όπως φαίνεται στο ακόλουθο απόσπασμα:

**Ερευνητής:** *Ωραία. Μπορείς να σκεφτείς ένα παράδειγμα επινόησης από το φαινόμενο του μαγνητισμού;*

**Φοιτήτρια:** *Ναι επινοήσαμε το μαγνητικό πεδίο, γιατί μας βοηθά να αντιληφθούμε τα όρια του μαγνητικού πεδίου, μέσα από τις μαγνητικές γραμμές. Οι μαγνητικές γραμμές, πάλι είναι επινοημένη έννοια.*

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Μια άλλη έννοια που εντοπίστηκε στις τελικές απαντήσεις των φοιτητών και που δεν είχε παρατηρηθεί κατά την ανάλυση των αρχικών απαντήσεων, ειδικότερα της δεύτερης ομάδας, ήταν αυτή των «μαγνητικών πόλων», κάτι που αποτελεί ένδειξη βελτίωσης. Από το σύνολο των δηλώσεων που αναφέρονταν σε επινοημένες έννοιες από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού, μόνο οι δεκατρείς συνοδεύονταν από επεξήγηση της επιστημολογικής αξίας της αναφερόμενης έννοιας (Ομάδα Α: F = 6, Ομάδα Β: F = 7). Όσον αφορά στην έννοια του «μαγνητικού πεδίου», δόθηκε μια ορθή και μια αόριστη εξήγηση από φοιτητές της Ομάδα Α, και τρεις ορθές εξηγήσεις από την Ομάδα Β. Αντίστοιχα, για την έννοια των «μαγνητικών γραμμών» δόθηκαν τρεις μερικώς ορθές εξηγήσεις από την Ομάδα Α και μια ορθή από την Ομάδα Β, ενώ για την έννοια των «μαγνητικών πόλων» δόθηκαν μια ορθή και δύο λανθασμένες εξηγήσεις από συμμετέχοντες της Ομάδα Β και τέλος, για την έννοια της «μαγνητικής δύναμης», δόθηκε μια μερικώς ορθή επεξήγηση από φοιτήτρια της Ομάδα Α. Οι πιο πάνω κωδικοποιήσεις των επεξηγήσεων φανερώνουν ότι οι περισσότερες ορθές εξηγήσεις, δόθηκαν από τους φοιτητές της Ομάδας Β, οι οποίοι και διδάχθηκαν ρητά για τις επιστημολογικές διαστάσεις εννοιών του μαγνητισμού, για αυτό και είχαν στατιστικά σημαντική βελτίωση ( $Z(15) = -2.504, p < 0.05$ ) σε αντίθεση με τους φοιτητές της Ομάδας Α ( $Z(11) = -1.807, p > 0.05$ ), οι οποίοι παρόλα αυτά φάνηκε ότι προσπάθησαν σε κάποιο βαθμό να εφαρμόσουν τις γνώσεις που απόκτησαν για τη Φύση της Επιστήμης, στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού.



Πίνακας 52. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 1 - επιστημολογικές διαστάσεις

Κατηγορίες		Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β
<b>1. Η επινόηση είναι αποδεκτή</b>			N=14	N=15
Α. Αναφορά σε επινοημένη έννοια μαγνητισμού			N=10	N=13
Α1. Έγκυρη αναφορά			N=9	N=11
Μαγνητικό πεδίο	Εξήγηση έννοιας	«Διαφωνώ με το μαθητή 1 και συμφωνώ με το μαθητή 2 που αναφέρει ότι οι επιστήμονες επινοούν πράγματα και αναφέρονται σε αυτά αρκεί να εξηγούν τις παρατηρήσεις τους συνεπώς. Ένα παράδειγμα τέτοιας επινόησης είναι το μαγνητικό πεδίο το οποίο δεν είναι ορατό όμως επινοήθηκε από τους επιστήμονες. Μέσω λοιπόν του μαγνητικού πεδίου μπορούν να ερμηνευτούν οι παρατηρήσεις που γίνονται όταν πλησιάσουμε διάφορα σιδηρομαγνητικά υλικά ή ρινίσματα σιδήρου κοντά σε μαγνήτη. Το μαγνητικό πεδίο λοιπόν είναι αυτές οι δυνάμεις έλξης και άπωσης που παρατηρούνται (όχι οπτικά) με σιδηρομαγνητικά αντικείμενα ή μαγνήτη με έναν άλλο μαγνήτη και επιτρέπουν την εξήγηση των αντίστοιχων παρατηρήσεων.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	Fολ=5  F=2	Fολ=8  F=3
	Μη εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί οι επιστήμονες δεν αναφέρονται μόνο σε πράγματα που απλώς υποθέτουν ότι υπάρχουν αλλά επινοούν και έννοιες. Για παράδειγμα το μαγνητικό πεδίο δεν έχει παρατηρηθεί όπως και οι πόλοι του μαγνήτη αλλά αποτελούν επινοήσεις που μας βοηθούν να εξηγήσουμε το φαινόμενο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	F=3	F=5
Μαγνητικές γραμμές	Εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί οι επιστήμονες για να διατυπώσουν μια θεωρία δε χρησιμοποιούν μόνο τις παρατηρήσεις που έχουν αλλά τις ερμηνεύουν ανάλογα χρησιμοποιώντας και τη φαντασία τους. Για παράδειγμα στην ενότητα του μαγνητισμού επινοημένες έννοιες είναι οι μαγνητικές γραμμές και το πεδίο. Οι πρώτες βοηθούν στο να οριστεί το μαγνητικό πεδίο. Οι μαγνητικές γραμμές είναι επινόηση του ανθρώπου για να βοηθήσουν να ερμηνεύσει παρατηρήσεις.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	Fολ=4  F=3	Fολ=3  F=1
	Μη εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί οι επιστήμονες αναφέρονται σε πράγματα που επινοούν φτάνει να τους βοηθούν να εξηγούν τις παρατηρήσεις τους. Για παράδειγμα οι μαγνητικές γραμμές ... είναι κάτι που επινόησαν οι επιστήμονες για να τους βοηθήσουν να εξηγούν κάποιες παρατηρήσεις. Τις μαγνητικές γραμμές μπορούμε να τις προσδιορίσουμε	F=1	F=2

		ρίχνοντας ρινίσματα σιδήρου σε μια κόλλα και τοποθετώντας ένα μαγνήτη από κάτω της...» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
Μαγνητικοί πόλοι	Εξήγηση έννοιας	«Συμφωνούμε με το μαθητή 1 στο θέμα ότι μπορούμε να παρατηρήσουμε μια έννοια στο φυσικό κόσμο που έχει παρατηρηθεί ως πραγματικό αντικείμενο αλλά συμφωνώ και με το μαθητή 2 στο θέμα του ότι μπορούμε να επινοήσουμε μια έννοια μέσω της παρατήρησης. Για παράδειγμα στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού θεωρούμε ότι οι μαγνητικοί πόλοι είναι μια έννοια που επινόησαν οι επιστήμονες, δηλαδή οι επιστήμονες παρατήρησαν πως στις άκρες ενός μαγνήτη υπάρχει έντονη αλληλεπίδραση και όχι μόνο στις άκρες αλλά γενικά στη περιοχή του μαγνήτη που υπάρχει έντονη αλληλεπίδραση, έτσι καθόρισαν μέσω τις παρατηρήσεις τους την επινοημένη έννοια μαγνητικοί πόλοι» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	Fολ=6 F=3
	Μη εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 π.χ. μαγνητικοί πόλοι, ... Μας βοηθούν ως προς την εξήγηση κάποιων φαινομένων που δεν είναι ορατά αλλά βλέπουμε τα αποτελέσματα τους. Π.χ. Τα ρινίσματα μαζεύονται στους δύο μαγνητικούς πόλους.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>		F=3
Μαγνητικές δυνάμεις	Εξήγηση έννοιας	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί με τη βοήθεια της φαντασίας, της επινοητικότητας και της παρατηρητικότητας παρατηρούν πράγματα με βάση τις παρατηρήσεις τους. Π.χ. στο μαγνητισμό, οι δύο πόλοι ενός μαγνήτη έλκουν αντικείμενα φορτισμένα αντίθετα από αυτούς π.χ. σιδηρομαγνητικά υλικά. Δημιουργείται έτσι μια δύναμη η οποία τα έλκει. Δεν μπορούμε να τη δούμε, την παρατηρούμε. Επίσης, αν βάλουμε κοντά την πυξίδα στο βόρειο πόλο αυτή δείχνει βόρεια στο κόκκινο ή άσπρο δείκτη. Υπάρχει μια δύναμη που τη μετακινεί.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	Fολ=1 F=1	-
	Μη εξήγηση έννοιας			
A2. Μη έγκυρη αναφορά		«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί όντως οι επιστήμονες χρησιμοποιούν επινοήσεις, προκειμένου να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους / τα εμπειρικά τους δεδομένα. Στην ενότητα του μαγνητισμού, οι επιστήμονες παρατήρησαν την έλξη μεταξύ μαγνητικών πόλων, είδαν δηλαδή το αποτέλεσμα της έλξης αυτής (οι δυο μαγνήτες έλκονται) και επινόησαν την έννοια / τον όρο έλξη» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	N=2
B. Δεν γνωρίζω / Καμία αναφορά σε επινοημένη έννοια μαγνητισμού		«Ως ένα σημείο έχουν και οι δύο μαθητές δίκαιο. Οι επιστήμονες επινοούν πράγματα για τα οποία όμως πάντα πρέπει να βασίζονται στις παρατηρήσεις τους. Αυτά που επινοούν δεν σημαίνει ότι	N=4	N=2

	τα έχουν παρατηρήσει, αλλά τα χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
<b>2. Η επινόηση δεν είναι αποδεκτή</b>	«Συμφωνώ με το μαθητή 1 γιατί δεν αναφέρονται σε πράγματα που δεν υπάρχουν γιατί δεν θα είναι έγκυρα αυτά που λένε. Αν επινοούν πράγματα ίσως να μην γίνονταν αποδεκτές από τους πλείστους οι απόψεις τους.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	-	N=2
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>18</b>	<b>18</b>

## Έργο αξιολόγησης 2

Το δεύτερο έργο αξιολόγησης αφορούσε στη συζήτηση ανάμεσα σε δύο μαθητές για ένα πείραμα, κατά το οποίο τοποθετήθηκαν ρινίσματα σιδήρου πάνω από δύο μαγνήτες. Το θέμα διαφωνίας ανάμεσα στους δύο μαθητές σχετιζόταν με το αποτέλεσμα του πειράματος, αφού ο ένας υποστήριζε ότι με αυτό τον τρόπο μπορούμε να παρατηρήσουμε άμεσα το μαγνητικό πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές, ενώ ο δεύτερος υποστήριζε ότι οι συγκεκριμένες έννοιες δεν είναι οντότητες που μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 53, αρκετοί φοιτητές ακόμα και πριν τη διδακτική παρέμβαση, υποστήριζαν ότι το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές δεν μπορούν να παρατηρηθούν (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=8, Ομάδα Β: N=6), με τους περισσότερους όμως να αρκούνται απλά στην αναδιατύπωση της δήλωσης του μαθητή που παρουσιάστηκε στο δοκίμιο (Υποκατηγορία 1B) και στην μη προσθήκη επιπλέον πληροφοριών στην απάντησή τους (Υποκατηγορία 1Γ). Μόνο 2 φοιτητές από την Ομάδα Β υποστήριζαν ότι αυτό που παρατηρούμε είναι το αποτέλεσμα που προκαλούν οι εν λόγω έννοιες, αναφερόμενοι στις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις (Υποκατηγορία 1Α). Επιπρόσθετα, αρκετοί συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν υπέρ του πρώτου μαθητή, ο οποίος υποστήριζε την άμεση παρατήρηση του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Β: N=10). Και σε αυτή την περίπτωση, η πλειοψηφία των φοιτητών δεν προσέθεσε κάποια επιπλέον πληροφόρηση στην απάντησή της (Υποκατηγορία 2Γ). Παρόλα αυτά, ένας φοιτητής που εντάχθηκε στη συγκεκριμένη κατηγορία υποστήριξε ότι παρόλο που παρατηρούμε το μαγνητικό πεδίο, εντούτοις δεν το παρατηρούμε στην ολότητα του (Υποκατηγορία 2Α), ενώ άλλοι τρεις φοιτητές ανέφεραν ότι με την περεταίρω εξέλιξη της τεχνολογίας, η άμεση παρατήρηση του πεδίου και των μαγνητικών γραμμών θα είναι εφικτή (Υποκατηγορία 2Β). Κατά τον στατιστικό έλεγχο των αρχικών απαντήσεων δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $U(14,17) = 95.500$ ,  $Z = -1.046$ ,  $p > 0.05$ ).

Επιπλέον, κατά την κωδικοποίηση των συνεντεύξεων, φάνηκε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι συμμετέχοντες υποστήριζαν ότι το μαγνητικό πεδίο μπορεί να

παρατηρηθεί. Πιο κάτω παρουσιάζεται ένα σχετικό απόσπασμα, μέσα από το οποίο φανερώνεται η δυσκολία των φοιτητών να διακρίνουν την επινοημένη έννοια π.χ. μαγνητικό πεδίο από τα αποτελέσματα που προκαλεί:

**Ερευνητής:** Σε αυτό το έργο αξιολόγησης εδώ υπάρχει η συζήτηση σχετικά με πειράματα που θα κάνουμε στη τάξη με τα ρινίσματα, όπου ο πρώτος Μαθητής υποστηρίζει ότι με αυτή τη μέθοδο των ρινισμάτων είναι ένας τρόπος για να παρατηρήσουμε άμεσα το μαγνητικό πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές, ενώ ο δεύτερος υποστηρίζει ότι το ίδιο το πεδίο δεν μπορούμε να το παρατηρήσουμε απλά παίρνουμε κάποιες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του. Εσύ τι νομίζεις;

**Φοιτήτρια:** Με αυτό που συμφωνώ περισσότερο είναι με τον πρώτο μαθητή, γιατί βλέπουμε το μαγνητικό πεδίο, τις γραμμές που δημιουργούνται. Και αν το προσέξουμε το βλέπουμε και σε άλλα πράγματα στη ζωή, ας πούμε, π.χ. ο στατικός ηλεκτρισμός, που μπορεί να είναι οι τρίχες μας και να σηκώνονται, βλέπουμε τον ηλεκτρισμό, ας πούμε εκείνο το πράγμα σημαίνει ότι σε εκείνο το πλαίσιο είναι ο μαγνήτης ή αυτό.

**Ερευνητής:** Οκ άρα θεωρείς ότι παρόλο που όταν έχω ένα μαγνήτη μόνο του χωρίς τα ρινίσματα, προφανώς δεν βλέπω κάτι, δεν βλέπω το πεδίο γύρω του..

**Φοιτήτρια:** Ναι

**Ερευνητής:** Ότι με τη μέθοδο των ρινισμάτων είναι ένας τρόπος να το κάνω ορατό.

**Φοιτήτρια:** Ναι εμφανές.

(Απόσπασμα προπαραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Πίνακας 53. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπαραματικό δοκίμιο 2 - επιστημολογικές διαστάσεις

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Δ. Ομάδα Α	Π.Δ. Ομάδα Β
1. Το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές δεν είναι οντότητες που παρατηρούνται		N=8	N=6
A. Παρατηρείται το αποτέλεσμα τους (έμμεση αναφορά)	«Συμφωνώ με το 2ο μαθητή που υποστηρίζει ότι με την έλξη των ρινισμάτων σιδήρου από τον μαγνήτη δεν είναι ορατό το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές αλλά στην ουσία κάποια χαρακτηριστικά αυτών. Για παράδειγμα η κατεύθυνση τους, η ένταση του μαγνητικού πεδίου. Θεωρώ ότι δεν είναι δυνατό να γίνουν ορατές οι μαγνητικές γραμμές ή το μαγνητικό πεδίο εφόσον αποτελούν απλά μια δύναμη, μια έλξη που δημιουργεί ο μαγνήτης ερχόμενος κοντά σε μεταλλικά αντικείμενα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=2
B. Παίρνουμε πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά τους (αναδιατύπωση)		N=4	N=4

ερώτησης)			
B1. Χωρίς περεταίρω εξήγηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί δεν μπορούμε να δούμε το μαγνητικό πεδίο ή τις γραμμές. Είναι κάτι που δεν το βλέπεις με το μάτι. Παρατηρούμε (πλησιάζοντας τα ρινίσματα σιδήρου) τι γίνεται και έχουμε παρατηρήσεις για το τι γίνεται στο μαγνητικό πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=3	N=2
B2. Έγκυρη αναφορά σε χαρακτηριστικά	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί αν προσέξουμε τις φωτογραφίες βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του πεδίου με βάση τους μαγνήτες. Μπορούμε να ξεχωρίσουμε που το μαγνητικό πεδίο είναι πιο "ισχυρό" και την ροή των μαγνητικών γραμμών. Κάπου είναι πιο πυκνή ενώ κάπου πιο αραιή.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=1
B3. Μη έγκυρη αναφορά σε χαρακτηριστικά	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί με το πείραμα αυτό δεν μπορείς να παρατηρήσεις το πεδίο ή τις μαγνητικές γραμμές αλλά μπορείς να μελετήσεις τα διάφορα είδη μαγνητών. Δηλαδή μπορείς να τοποθετήσεις τους διάφορους μαγνήτες μαζί με τα ρινίσματα και να καταγράψεις ομοιότητες και διαφορές μεταξύ τους, παρατηρώντας έτσι και την αντίδραση των ρινισμάτων.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=1
Γ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 2. Διότι δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε άμεσα το πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=4	-
<b>2. Το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές είναι οντότητες που παρατηρούνται</b>		N=5	N=10
A. Είναι μεγαλύτερο σε έκταση από όσο βλέπουμε	«Δεν συμφωνώ ακριβώς με κανένα από τους δύο. Δεν μπορούμε πιστεύω να παρατηρήσουμε άμεσα το μαγνητικό πεδίο αλλά μπορούμε να παρατηρήσουμε περίπου από τα ρινίσματα σιδήρου ένα μέρος του μαγνητικού πεδίου.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	-
B. Μπορεί να παρατηρηθούν στο μέλλον	«Συμφωνώ με το μαθητή 2. Αυτό που σχηματίζεται δεν είναι μαγνητικό πεδίο, μας δίνει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του πεδίου. Πιστεύω πως δεν μπορούν έτσι απλά ή με γυμνό μάτι να δούμε τις μαγνητικές γραμμές. Αντίθετα χρειάζεται ένα πιο σύγχρονο και εξειδικευμένο τρόπο για να γίνει αυτό.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=3
Γ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με τον μαθητή 1, όταν παρατηρούμε τη διάταξη των ρινισμάτων σιδήρου στην ουσία παρατηρούμε τις μαγνητικές γραμμές και το μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=4	N=7
<b>3. Μη ξεκάθαρη τοποθέτηση</b>	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 διότι πιστεύω όταν βάλουμε ρινίσματα σιδήρου αυτά διατάσσονται αλλά αυτό δεν δείχνει την μορφή του πεδίου αντίθετα μπορούμε να παρατηρήσουμε το μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>17</b>

Κατά την ανάλυση των τελικών απαντήσεων που συλλέχθηκαν από τους φοιτητές, εντοπίστηκαν έξι απαντήσεις, μια στην Ομάδα Α και πέντε στην Ομάδα Β, όπου οι έννοιες του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών χαρακτηρίζονταν ως επινοημένες (Κατηγορία 1). Επιπλέον, παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση στον αριθμό των φοιτητών της Ομάδα Β (Προπειραματικό δοκίμιο: N=6, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N=8), οι οποίοι

υποστήριξαν ότι το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα (Κατηγορία 2), με αρκετούς από αυτούς να επιτυγχάνουν την έγκυρη αναφορά σε πληροφορίες που παίρνουμε από τη διάταξη των ρινισμάτων σιδήρου (Υποκατηγορία 2B2) (π.χ. πυκνότητα μαγνητικών γραμμών, ένταση μαγνητικών αλληλεπιδράσεων κτλ.). Παράλληλα, όσον αφορά την Ομάδα Β, εντοπίστηκε αξιόλογη μείωση στον αριθμό των συμμετεχόντων που υποστήριξαν την άμεση παρατήρηση του πεδίου και των μαγνητικών γραμμών (Κατηγορία 3) (Προπειραματικό δοκίμιο: N=10, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N=4). Αντίθετα, στην περίπτωση της Ομάδας Α, παρατηρήθηκε μείωση στον αριθμό των φοιτητών που κατηγοριοποιήθηκαν στην Κατηγορία 2 (Προπειραματικό δοκίμιο: N=8, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N=4) και αυξήθηκαν οι περιπτώσεις απαντήσεων που εντάχθηκαν στην Κατηγορία 3 (Προπειραματικό δοκίμιο: N=5, Μεταπειραματικό δοκίμιο: N=8). Το γεγονός αυτό φανερώνει τη δυσκολία, κυρίως των φοιτητών της Ομάδας Α, στο να διαχωρίσουν τη διάταξη των ρινισμάτων σιδήρου από την έννοια του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών. Αντίθετα, όπως φαίνεται, μετά τη διεξαγωγή του σχετικού πειράματος, κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών, ισχυροποιήθηκε η πεποίθηση τους ότι οι συγκεκριμένες έννοιες είναι παρατηρήσιμες οντότητες. Τέλος, εντοπίστηκε μια περίπτωση φοιτητή στην Ομάδα Α που υποστήριξε ότι παρόλο που το μαγνητικό πεδίο δεν μπορεί να παρατηρηθεί, εντούτοις παρατηρούνται οι μαγνητικές γραμμές. Η πεποίθηση για τη διαφορετική επίδοση των συμμετεχόντων, επαληθεύτηκε από τους στατιστικούς ελέγχους Mann-Whitney Test και Wilcoxon Signed Ranks Test, αφού εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,17) = 62.500$ ,  $Z = -2.394$ ,  $p < 0.05$  / Ομάδα Α: Mean Rank = 11.96, Ομάδα Β: Mean Rank=19.32), καθώς και ότι οι φοιτητές της ομάδας Β βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους για τη φύση του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών, μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $Z(16) = -2.543$ ,  $p < 0.05$ ), σε αντίθεση με τους φοιτητές της Ομάδας Α ( $Z(13) = -0.378$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 54. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 - επιστημολογικές διαστάσεις

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β
<b>1. Το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές είναι επινοημένες οντότητες</b>	«Μαθητής 2 φυσικά. Το πεδίο είναι επινοημένη έννοια, ενώ οι μαγνητικές γραμμές είναι επίσης μια βοηθητική επινοημένη έννοια. Οι δύο έννοιες επεξηγούν (πεδίο) ή καταδεικνύουν (γραμμές) τις παρατηρήσεις μας. Συγκεκριμένα το πεδίο επεξηγεί τον βαθμό αλληλεπίδρασης και οι γραμμές δείχνουν το πεδίο. Δεν τις παρατηρούμε άμεσα. Αυτό που παρατηρούμε είναι τα ρινίσματα	N=1	N=5

	σιδήρου να σχηματοποιούνται σε διάταξη.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>		
<b>2. Το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές δεν είναι οντότητες που παρατηρούνται</b>		N=4	N=8
A. Παρατηρείται το αποτέλεσμα τους	«Συμφωνώ με τον μαθητή 2, διότι εμείς δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε το μαγνητικό πεδίο άμεσα αφού δεν είναι αντικείμενο του φυσικού κόσμου. Μπορούμε να δούμε όμως το τελικό αποτέλεσμα που μας δίνει πληροφορίες για την κατεύθυνση, την φορά και την ένταση των μαγνητικών γραμμών. Βλέπουμε πως τα ρινίσματα μαζεύτηκαν και στους δύο πόλους περισσότερο και ότι οι μαγνητικές γραμμές ακολουθούν την ίδια κατεύθυνση από το βόρειο στον νότιο πόλο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=1	N=1
B. Παίρνουμε πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά τους (αναδιατύπωση ερώτησης)		N=3	N=6
B1. Χωρίς περεταίρω εξήγηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 διότι τα ημικύκλια που σχηματίζονται, τα οποία αρχίζουν από τους πόλους είναι μια διάταξη που μας δίνει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του πεδίου.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=2	N=3
B2. Έγκυρη αναφορά σε χαρακτηριστικά	«Συμφωνώ με το μαθητή 2, γιατί ο τρόπος διάταξης των ρινισμάτων του σιδήρου μας βοηθά να κατανοήσουμε ορισμένες σημαντικές πληροφορίες που αφορούν το πεδίο γιατί είναι κάτι που δεν μπορούμε να το δούμε άμεσα π.χ. μπορούμε να καταλάβουμε ότι κοντά στους δύο πόλους οι γραμμές που σχηματίζονται είναι πιο πυκνές μεταξύ τους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	N=3
Γ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με το δεύτερο μαθητή. Τα ρινίσματα σιδήρου όταν βρίσκονται στο μαγνητικό πεδίο, αποκτούν ιδιότητες του μαγνήτη και έτσι μπαίνουν σε μια διάταξη, αφού το ένα κολλά στο άλλο. Το μαγνητικό πεδίο καθώς και τις μαγνητικές γραμμές, δεν μπορούμε να τα παρατηρήσουμε άμεσα.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=1
<b>3. Το μαγνητικό πεδίο και οι μαγνητικές γραμμές είναι οντότητες που παρατηρούνται</b>		N=8	N=4
A. Είναι μεγαλύτερο σε έκταση από όσο βλέπουμε	«Συμφωνώ με το ότι παρατηρούμε τα χαρακτηριστικά του πεδίου γιατί δεν μπορούμε να δούμε στην ολότητα του το μαγνητικό πεδίο αλλά βλέπουμε τις μαγνητικές γραμμές και το μαγνητικό πεδίο μέχρι ενός σημείου.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	N=2
B. Μπορεί να παρατηρηθούν στο μέλλον	«Συμφωνώ με το μαθητή 2, τα ρινίσματα σιδήρου μας βοηθούν να παρατηρήσουμε χαρακτηριστικά και πληροφορίες για τις μαγνητικές γραμμές και το πεδίο, όπου διαφαίνεται σε ποια σημεία η αλληλεπίδραση είναι πιο έντονη και πιο αδύνατη μεταξύ των δύο πόλων των μαγνητών. Δεν υπάρχουν τα κατάλληλα μέσα για να παρατηρήσουμε άμεσα το πεδίο ή τις μαγνητικές γραμμές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=2	-
Γ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 1 αφού τα ρινίσματα σιδήρου μας δίνουν το μαγνητικό πεδίο και τις μαγνητικές γραμμές.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=5	N=2
<b>4. Το μαγνητικό πεδίο δεν οντότητα που παρατηρείται, αλλά οι</b>	«Συμφωνώ με το μαθητή 2, αφού η θέση που παίρνουν τα ρινίσματα σιδήρου γύρω από το μαγνήτη, καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του μαγνητικού πεδίου (πόσο δυνατή είναι η έλξη) και	N=1	-

<b>μαγνητικές γραμμές είναι</b>	<i>επίσης καθορίζονται οι μαγνητικές γραμμές (η θέση που παίρνουν τα ρινίσματα σιδήρου)»</i> <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>		
		<b>Σύνολο (N)</b>	<b>14</b>
			<b>17</b>

### Έργο αξιολόγησης 3

Μέσα από τη χορήγηση του τρίτου έργου αξιολόγησης, διερευνήθηκε και πάλι ο βαθμός κατανόησης της φύσης του μαγνητικού πεδίου, αφού μέσα από το συγκεκριμένο δοκίμιο οι φοιτητές έπρεπε να τοποθετηθούν υπέρ ή κατά της υλιστικής φύσης του. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 55, οι περισσότεροι φοιτητές υποστήριξαν ότι το μαγνητικό πεδίο αποτελεί αντικείμενο του φυσικού κόσμου (Κατηγορία 2: Ομάδα Α: N=9, Ομάδα Β: N=16). Μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων, φάνηκε ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες που τοποθετήθηκαν με τον πιο πάνω τρόπο, θεωρούσαν ότι το μαγνητικό πεδίο έχει ήδη παρατηρηθεί (Υποκατηγορία 2B), υποστηρίζοντας την άποψη του Μαθητή 2 στο έργο αξιολόγησης, ο οποίος αναφερόταν στο πείραμα με τα ρινίσματα σιδήρου. Επιπλέον, εντοπίστηκαν κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι υποστήριξαν ότι παρόλο που το μαγνητικό πεδίο παρατηρήθηκε μέσω των ρινισμάτων σιδήρου εντούτοις με την εξέλιξη της τεχνολογίας θα μπορεί να παρατηρηθεί καλύτερα (Υποκατηγορία 2B3). Επίσης εντοπίστηκαν κάποιες άλλες περιπτώσεις, όπου οι φοιτητές δήλωσαν ότι το μαγνητικό πεδίο παρατηρείται αλλά όχι μέσω του πειράματος με τα ρινίσματα αλλά με κάποιο άλλο τρόπο (Υποκατηγορία 2B4). Επιπρόσθετα, ένας φοιτητής υποστήριξε ότι μέσω του πειράματος με τα ρινίσματα σιδήρου παρατηρείται μόνο ένα μέρος του μαγνητισμού πεδίου (Υποκατηγορία 2B2), θεωρώντας ότι εκτός από τις μαγνητικές γραμμές που σχηματίζονται με τα ρινίσματα σιδήρου, στην πραγματικότητα το μαγνητικό πεδίο είναι ακόμα μεγαλύτερο. Κατά τη συμπλήρωση του συγκεκριμένου έργου αξιολόγησης, κάποιοι φοιτητές (N=6) συμφώνησαν με τη δήλωση του Μαθητή 1, αναφέροντας στην απάντησή τους ότι παρόλο που το μαγνητικό πεδίο είναι αντικείμενο του φυσικού κόσμου, εντούτοις δεν έχει παρατηρηθεί ακόμα, λόγω έλλειψης κατάλληλων τεχνολογικών μέσων (Υποκατηγορία 2A). Όπως φαίνεται οι συγκεκριμένοι φοιτητές, θεωρούσαν, όπως και όλοι οι υπόλοιποι φοιτητές που κατηγοριοποιήθηκαν στη δεύτερη κατηγορία, ότι το μαγνητικό πεδίο έχει υλιστική φύση, με τη διαφορά ότι οι επιστήμονες δεν κατάφεραν ακόμα να το παρατηρήσουν, αγνοώντας ότι στην πραγματικότητα το πεδίο είναι μια επινόηση. Μόνο τέσσερις φοιτητές, πριν τη διδακτική παρέμβαση, υποστήριξαν ότι το μαγνητικό πεδίο δεν αποτελεί αντικείμενο (Κατηγορία 1), με μια φοιτήτρια να αναφέρει ότι αυτό που παρατηρείται είναι το αποτέλεσμα του, και όχι το ίδιο το μαγνητικό πεδίο. Ο στατιστικός



έλεγχος των αρχικών απαντήσεων, υπέδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,17) = 116.500$ ,  $Z = -0.144$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 55. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο προπειραματικό δοκίμιο 3 - επιστημολογικές διαστάσεις

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Π.Α. Ομάδα Α	Π.Α. Ομάδα Β
<b>1. Το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο</b>		N=3	N=1
A. Δεν είναι αντικείμενο / Παρατηρείται το αποτέλεσμα του	«Το μαγνητικό πεδίο είναι ένα φυσικό φαινόμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο. Ο πλανήτης έχει θετικό και αρνητικό πόλο, δεν είναι αντικείμενο που μπορούμε να το παρατηρήσουμε αλλά μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν όταν κάνουμε ένα πείραμα. Έτσι δεν συμφωνώ με κανένα από τους δύο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=1
B. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Διαφωνώ και με τους δύο μαθητές γιατί πιστεύω ότι δεν μπορείς να δεις το μαγνητικό πεδίο, δεν μπορούμε να το παρατηρήσουμε άμεσα, γιατί δεν είναι αντικείμενο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=3	-
<b>2. Το μαγνητικό πεδίο είναι αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο</b>		N=9	N=16
A. Στο μέλλον με την εξέλιξη της τεχνολογίας και με τον κατάλληλο εξοπλισμό θα παρατηρηθεί	«Συμφωνώ με το μαθητή 1 αφού το μαγνητικό πεδίο μπορεί να είναι αντικείμενο διαθέσιμο στον φυσικό κόσμο αλλά δεν υπάρχουν στην παρούσα φάση κατάλληλα μέσα όπως ισχυρά μικροσκόπια που να μπορούν να μελετήσουν το μαγνητικό πεδίο παρά μόνο μπορεί να βοηθούν στην άντληση ορισμένων χαρακτηριστικών ενός πεδίου.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=3	N=3
B. Παρατηρείται και σήμερα		N=3	N=11
B1. Με τα ρινίσματα παρατηρείται το μαγνητικό πεδίο	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 διότι με το πείραμα του μαγνήτη και των ρινισμάτων σιδήρου μπορούμε να παρατηρήσουμε το μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=3	N=8
B2. Με τα ρινίσματα παρατηρείται ένα μέρος του μαγνητικού πεδίου	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 επειδή όντως σκορπίζοντας τα ρινίσματα σιδήρου γύρω από ένα μαγνήτη αυτά έλκονται προς αυτόν και καταλαμβάνουν το πεδίο. Ίσως όμως να μην είναι όλο το πεδίο που καταλαμβάνουν λόγω του ότι μπορεί να πρέπει να υπήρχαν περισσότερα ρινίσματα έτσι ώστε να καταλάβουν όλο το μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Β</b>	-	N=1
B3. Με τα ρινίσματα παρατηρείται το μαγνητικό πεδίο, αλλά με την εξέλιξη της τεχνολογίας θα παρατηρείται καλύτερα	«Συμφωνώ με τον μαθητή 2. Το παράδειγμα το οποίο αναφέρει είναι μια ξεκάθαρη αναπαράσταση του φαινομένου αυτού. Σίγουρα με τα ισχυρά μικροσκόπια θα είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε καλύτερα το φαινόμενο αυτό αλλά το παράδειγμα που αναφέρει ο μαθητής 2 επιβεβαιώνει το γεγονός ότι δεν είναι και απαραίτητη η χρήση μικροσκοπίων και ότι μπορούμε πολύ εύκολα να αντιληφθούμε τη δράση αυτή την καθημερινότητα μας. Το παράδειγμα που ανέφερε είναι μια επιβεβαίωση.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=2
B4. Το μαγνητικό πεδίο παρατηρείται με άλλο τρόπο εκτός των	«Δεν συμφωνώ με κανένα ακριβώς γιατί πιστεύω ότι μπορούμε να παρατηρήσουμε το μαγνητικό πεδίο αλλά όχι με ρινίσματα σιδήρου απλώς, αλλά με κάτι άλλο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	N=2

ρινισμάτων			
Γ. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Συμφωνώ με το μαθητή 2». <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=2	-
<b>3. Μη ξεκάθαρη τοποθέτηση</b>	«Συμφωνώ με το μαθητή διότι 2. Διότι το μαγνητικό πεδίο είναι μια δύναμη και τις δυνάμεις δεν τις παρατηρούμε με γυμνό μάτι αλλά τις αισθανόμαστε». <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=2	-
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>17</b>

Μετά την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων, εντοπίστηκαν οκτώ περιπτώσεις φοιτητών, οι οποίοι αναφέρθηκαν στην επινοημένη φύση του μαγνητικού πεδίου (Κατηγορία 1: Ομάδα Α: N=2, Ομάδα Β: N=6), γεγονός που υποδηλώνει τη βελτίωση στις απόψεις των φοιτητών. Επιπλέον, έξι συμμετέχοντες υποστήριξαν ότι το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αντικείμενο και ότι δεν μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα (Κατηγορία 2). Μέσα από την ανάλυση των τελικών απαντήσεων, εντοπίστηκαν δύο απαντήσεις, στις οποίες οι φοιτητές διαχώριζαν τη φύση του μαγνητικού πεδίου με αυτή των μαγνητικών γραμμών, λέγοντας πως το πεδίο δεν αποτελεί φυσικό αντικείμενο σε αντίθεση με τις μαγνητικές γραμμές (Κατηγορία 3). Η συγκεκριμένη δήλωση εμφανίστηκε μετά τη διεξαγωγή των πειραμάτων με τα ρινίσματα σιδήρου κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων, που όπως αναφέρθηκε κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του δεύτερου έργου αξιολόγησης, φαίνεται να ενίσχυσε την αντίληψη των φοιτητών για την υλιστική φύση του πεδίου και στη συγκεκριμένη περίπτωση των μαγνητικών γραμμών, αφού αυτές 'σχηματίζονταν' με την βοήθεια των ρινισμάτων σιδήρου. Η πεποίθηση αυτή, ενισχύεται από το γεγονός ότι ακόμα και στην περίπτωση της Ομάδας Β, όπου έγιναν ρητές συζητήσεις για τη φύση του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών, εντούτοις ακόμα και μετά τη παρέμβαση, εντοπίστηκαν επτά περιπτώσεις φοιτητών και πέντε στην Ομάδα Α, οι οποίοι υποστήριξαν την υλιστική φύση του μαγνητικού πεδίου (Κατηγορία 4), με τους οκτώ από αυτούς (Ομάδα Α: N=5, Ομάδα Β: N=3) να υποστηρίζουν ότι το πεδίο παρατηρείται μέσω του πειράματος με τα ρινίσματα σιδήρου. Επιπλέον, τέσσερις φοιτητές της Ομάδας Β, ανέφεραν ότι η περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας θα καταστήσει δυνατή την άμεση παρατήρηση του μαγνητικού πεδίου. Η ισχυρή αντίληψη των φοιτητών ότι το μαγνητικό πεδίο αποτελεί φυσικό αντικείμενο, επιβεβαιώθηκε και μέσα από την ανάλυση των τελικών συνεντεύξεων, ειδικότερα στην περίπτωση των φοιτητών της Ομάδας Β, οι οποίοι συμμετείχαν σε ρητές συζητήσεις για την επινοημένη φύση της συγκεκριμένης έννοιας, στο πλαίσιο της διδασκαλίας:

**Ερευνητής:** Και τέλος η συζήτηση πάλι εδώ για το πεδίο, όπου ο πρώτος λέει ότι με τα δεδομένα που έχουμε σήμερα δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε το πεδίο, αλλά θεωρεί ότι με την πάροδο του χρόνου και όταν εξελιχθούν τα μέσα που έχουμε τα τεχνολογικά, θα

καταφέρουμε να το δούμε, ενώ ο δεύτερος πάλι υποστηρίζει ότι και σήμερα καταφέρνουμε να το δούμε για παράδειγμα με τη μέθοδο των ρινισμάτων.

**Φοιτήτρια:** Εντάξει. Είναι μια γενική έννοια του μαγνητικού πεδίου που την δώσαμε εμείς για να καταλάβουμε την έκταση του. Νομίζω ότι ο δεύτερος έχει ένα δίκαιο, έχει.. είναι πιο σωστός γιατί με τα ρινίσματα βλέπουμε μέχρι που...

**Ερευνητής:** Επεκτείνεται το πεδίο;

**Φοιτήτρια:** Ναι.

**Ερευνητής:** Οκ άρα θεωρείς ότι και σήμερα καταφέραμε να παρατηρήσουμε το ίδιο το μαγνητικό πεδίο, ένα παράδειγμα είναι με τα ρινίσματα;

**Φοιτήτρια:** Ναι.

(Απόσπασμα μεταπειραματικής συνέντευξης, Φοιτήτρια, Ομάδα Β)

Παρόλα αυτά, φάνηκε ότι η διδακτική παρέμβαση λειτούργησε ενισχυτικά στην περίπτωση της Ομάδας Β, αφού παρόλο που δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $U(14,17) = 99.000$ ,  $Z = -0.845$ ,  $p > 0.05$ ), εντούτοις παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στις αντιλήψεις των φοιτητών της Ομάδας Β ( $Z(16) = -2.420$ ,  $p < 0.05$ ), σε αντίθεση με τους φοιτητές της Ομάδας Α ( $Z(13) = -1.387$ ,  $p > 0.05$ ).

Πίνακας 56. Κατηγορίες απαντήσεων φοιτητών στο μεταπειραματικό δοκίμιο 3 - επιστημολογικές διαστάσεις

Κατηγορίες	Παράδειγμα απάντησης	Μ.Α. Ομάδα Α	Μ.Α. Ομάδα Β
<b>1. Το μαγνητικό πεδίο είναι επινοημένη έννοια</b>	«Διαφωνώ και με τους δύο. Το πεδίο είναι επινοημένη έννοια και όχι άμεση παρατήρηση ή αντικείμενο του φυσικού κόσμου. Ως έννοια, μας βοηθά να σχηματοποιήσουμε ή να διαμορφώσουμε την αντίληψη μας για το πώς/πού ένας μαγνήτης αλληλεπιδρά με σιδηρομαγνητικά αντικείμενα και μαγνήτες και πώς αυτή η αλληλεπίδραση διαφοροποιείται. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι υπάρχει κίολας το πεδίο. Όλα είναι στο μυαλό.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=2	N=6
<b>2. Το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο</b>		N=4	N=2
A. Δεν είναι αντικείμενο / Παρατηρείται το αποτέλεσμα του	«Κανένας από τους δύο. Πιστεύω πως το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αντικείμενο αλλά μια ιδιότητα μιας συγκεκριμένης ύλης που μπορεί να έλκει, να απωθεί ή να μην αντιδρά καθόλου. Μπορούμε με διάφορες μεθόδους ή μικρά πειράματα να παρατηρήσουμε λίγες ιδιότητες του μαγνητικού πεδίου αλλά όχι το μαγνητικό πεδίο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	N=2	N=1
B. Καμία πρόσθετη πληροφόρηση	«Διαφωνώ και με τους δύο διότι το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο, δεν μπορούμε να το δούμε, να το ακουμπήσουμε.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=2	N=1
<b>3. Το μαγνητικό πεδίο</b>	«Συμφωνώ με το μαθητή 2 γιατί όντως δεν μπορούμε	N=1	N=1

δεν είναι φυσικό αντικείμενο αλλά οι μαγνητικές γραμμές είναι	ακόμη να παρατηρήσουμε το μαγνητικό πεδίο με κάποιο μικροσκόπιο αλλά τα ρινίσματα σιδήρου γύρω από ένα μαγνήτη μας βοηθούν να κατανοήσουμε σημαντικά χαρακτηριστικά του πεδίου. Δηλαδή παρατηρούμε ότι οι μαγνητικές γραμμές που σχηματίζονται είναι πιο πυκνές όταν βρίσκονται κοντά στους δύο πόλους του μαγνήτη και πιο αραιές όταν απομακρύνονται από τους δύο πόλους.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>		
<b>4. Το μαγνητικό πεδίο είναι αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο</b>		N=5	N=7
A. Στο μέλλον με την εξέλιξη της τεχνολογίας και με τον κατάλληλο εξοπλισμό θα παρατηρηθεί	«Συμφωνώ με το μαθητή 1. Γιατί αυτό που αναφέρει ο μαθητής 2 ότι παρατηρούμε είναι το αποτέλεσμα της πράξης και όχι η πράξη η ίδια. Αλλά και εγώ πιστεύω ότι με την πάροδο του χρόνου θα είμαστε ικανοί να παρατηρήσουμε το μαγνητικό πεδίο με μικροσκόπιο.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Β</b>	-	N=4
B. Παρατηρείται και σήμερα		N=5	N=3
B1. Με τα ρινίσματα παρατηρείται το μαγνητικό πεδίο	«Συμφωνώ με το μαθητή 2. Διότι όταν βάλουμε ρινίσματα σιδήρου γύρω από τον μαγνήτη μπορούμε να το παρατηρήσουμε. Υπάρχει στο φυσικό κόσμο.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=4	N=3
B2. Με τα ρινίσματα παρατηρείται ένα μέρος του μαγνητικού πεδίου	«Συμφωνώ ότι το μαγνητικό πεδίο είναι ένα αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο. Έχουμε παρατηρήσει μαγνητικό πεδίο όταν σκορπίσουμε ρινίσματα σιδήρου αλλά όχι στην ολότητα του αλλά τα χαρακτηριστικά του.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	
<b>5. Μη ξεκάθαρη τοποθέτηση</b>	«Δε συμφωνώ με κανένα από τους δύο, διότι το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αντικείμενο. Ναι μπορούμε να το παρατηρήσουμε ή τουλάχιστον να κατανοήσουμε το πώς μοιάζει μέσω της χρήσης ρινισμάτων σιδήρου κοντά σε μαγνήτες. Και ναι δεν μπορούμε να το παρατηρήσουμε άμεσα γιατί δεν έχουμε στη διάθεση μας αρκετά ισχυρά μικροσκόπια.» <b>Φοιτήτρια, Ομάδα Α</b>	N=1	-
<b>6. Άσχετη απάντηση</b>	«Συμφωνώ με το 1, το μάτι είναι μπορώ να πω ένα από τα αδύνατα όργανα ... Μπορεί να αντιληφθεί συγκεκριμένο φάσμα καθώς και η φωτογραφική. Άρα δεν είναι όργανο για μετρήσεις.» <b>Φοιτητής, Ομάδα Α</b>	N=1	N=1
<b>Σύνολο (N)</b>		<b>14</b>	<b>17</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας αποτελεί τόσο η θεωρητική όσο και η εμπειρική διερεύνηση της άμεσης διασύνδεσης ανάμεσα στην κατανόηση για βασικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και στην κατανόηση εννοιολογικού περιεχομένου, εστιασμένη στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από την πραγματοποίηση δύο επιμέρους μελετών, διερευνήθηκαν οι πιθανές συνδέσεις ανάμεσα στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, στην ικανότητα εφαρμογής εννοιών σχετικές με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα και στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων εννοιών σχετικών με τον μαγνητισμό.

Η διερεύνηση του πιο πάνω σκοπού, έγινε μέσω έξι ερευνητικών ερωτημάτων, τα οποία θα συζητηθούν ακολούθως, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων των επιμέρους μελετών. Στο τέλος του κεφαλαίου, θα συζητηθεί η σημαντικότητα των ευρημάτων της έρευνας και κάποιες προτεινόμενες ιδέες για μελλοντικές έρευνες.

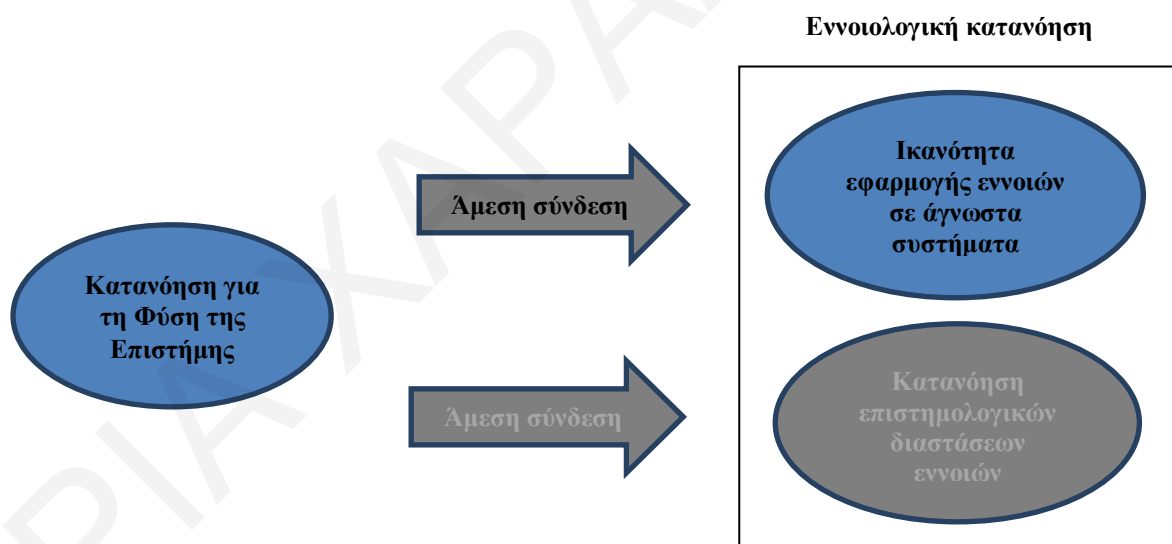
#### 5.1. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 1

***Ερευνητικό ερώτημα:** Σε ποιο βαθμό η βελτίωση στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης ενισχύει την ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν τις επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα;*

Η σημαντικότητα της ενσωμάτωσης στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών έχει υποστηριχθεί από πολλούς ερευνητές (Rudolph, 2000; Osborne, Collins, Ratcliffe Millar & Duschl, 2003). Υπάρχει πληθώρα επιχειρημάτων για τα οφέλη της διδασκαλίας τέτοιου είδους στοιχείων (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996, McComas, 2006). Έναυσμα της διεξαγωγής της παρούσας έρευνας, αποτέλεσε ένα από αυτά τα επιχειρήματα, σύμφωνα με το οποίο η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, από πλευράς των μαθητών, ενισχύει τον βαθμό κατανόησης του εκάστοτε εννοιολογικού περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας υιοθετήθηκε ένας εναλλακτικός ορισμός της εννοιολογικής κατανόησης (Papadouris & Constantinou, 2014; 2017), σύμφωνα με τον οποίο υπάρχουν δύο διακριτές συνιστώσες που συνθέτουν την εννοιολογική κατανόηση: α. η ικανότητα εφαρμογής εννοιών κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων και β. η αναγνώριση

των επιστημολογικών διαστάσεων της κάθε έννοιας. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία οι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη διερεύνηση της σύνδεσης της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης (π.χ. Lin, Chan & van Aalst, 2014, Peters, 2012, Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou, 2016, Soulios, & Psillos, 2016), επικεντρώθηκαν μόνο στην πρώτη διάσταση, αγνοώντας τη δεύτερη. Επιπλέον, μέσα από τη διερεύνηση του τρόπου ορισμού της εννοιολογικής κατανόησης, εντοπίστηκαν διαφορετικές δεξιότητες με τις οποίες ο κάθε ερευνητής ταύτιζε την εννοιολογική κατανόηση (π.χ. ικανότητα χρήσης επιστημονικής γνώσης για την εξήγηση καθημερινών φαινομένων, ικανότητα εφαρμογής επιστημονικής γνώσης με στόχο την επίλυση προβλημάτων που αφορούν στην καθημερινή ζωή, ικανότητα ερμηνείας δεδομένων και διατύπωση προβλέψεων, κατανόηση διασύνδεσης εννοιών σχετικά με μια θεματική ενότητα κτλ.). Έτσι, θέλοντας να διερευνήσουμε αν όντως η κατανόηση στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης συμβάλλει στην κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου, επικεντρωθήκαμε αρχικά στην πρώτη διάσταση της εννοιολογικής κατανόησης, δηλαδή στην ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα (Διάγραμμα 10).



Διάγραμμα 10. Πιθανός τρόπος σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης

Για την απάντηση του πιο πάνω ερωτήματος της έρευνας, δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες φοιτητών, όπου στην ομάδα ελέγχου (Ομάδα Α) έγινε μόνο διδασκαλία της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, και στις δύο πειραματικές ομάδες, οι συμμετέχοντες διδάχθηκαν επιπλέον στοιχεία για τη Φύση της Επιστήμης. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο πειραματικές ομάδες, ήταν ο βαθμός αλληλεξάρτησης των συζητήσεων για τη Φύση της Επιστήμης με την επεξεργασία του εννοιολογικού περιεχομένου (Ομάδα Β: ταυτόχρονη

διδασκαλία, Ομάδα Γ: παράλληλη-ανεξάρτητη διδασκαλία). Κατά την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, αρχικά διερευνήθηκε αν όντως οι συμμετέχοντες των δύο πειραματικών ομάδων (Ομάδα Β και Γ), είχαν βελτιώσει την κατανόηση τους για τις διάφορες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης που είχαν διδαχθεί ρητά στο πλαίσιο των διδασκαλιών που πραγματοποιήθηκαν. Στον Πίνακα 57 γίνεται μια σύνοψη των αποτελεσμάτων των έργων αξιολόγησης που χορηγήθηκαν σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης, τα οποία προέκυψαν μέσα από τον στατιστικό έλεγχο Wilcoxon και τη σύγκριση της τελικής με την αρχική επίδοση για την κάθε ομάδα. Όπως φαίνεται πιο κάτω, στα πέντε από τα επτά ερωτήματα που δόθηκαν προκειμένου να αξιολογηθεί ο βαθμός κατανόησης των φοιτητών για τη Φύση της Επιστήμης, οι συμμετέχοντες των πειραματικών ομάδων επέδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στην κατανόηση τους, σε αντίθεση με τους συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου. Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι οι διδασκαλίες που πραγματοποιήθηκαν στις δύο πειραματικές ομάδες, βοήθησαν τους φοιτητές να κατανοήσουν τη διάκριση της παρατήρησης και της ερμηνείας, τον ρόλο και την ανάγκη της χρήσης της δημιουργικότητας των επιστημόνων, καθώς και τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης. Παρόλα αυτά, μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, φάνηκε ότι οι φοιτητές των συγκεκριμένων ομάδων δεν κατάφεραν να βελτιώσουν τις γνώσεις τους σχετικά με την αξία του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης, γεγονός που εισηγείται την ανάγκη για εμπλουτισμό των διδασκαλιών με δραστηριότητες σχετικά με τη συγκεκριμένη πτυχή.

Τα πιο πάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την αντίληψη που επικρατεί στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την ανάγκη για ρητή ενσωμάτωση δραστηριοτήτων που αφορούν σε διάφορες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης (Hanuscin, Akerson & Phillipson - Mower, 2006; Bell, Matkins & Gansneder, 2011), στις περιπτώσεις που θέλουμε να βελτιώσουμε τον βαθμό επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών. Ο μεθοδολογικός σχεδιασμός της παρούσας έρευνας, επιτρέπει την ασφαλή διεξαγωγή σχετικών συμπερασμάτων και εισηγείται ότι η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες διερώτησης σχετικά με τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού, δεν οδηγεί στην αυθόρμητη κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης.

Πίνακας 57. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των τριών ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επιδίωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)
Έργο αξιολόγησης 1_A	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις τρεις ομάδες
Έργο αξιολόγησης 1_B	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (B και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 2	Επινόηση επιστημονικών θεωριών	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (B και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 3	Επινοημένη επιστημονική έννοια, εκτός από το μαγνητισμό	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (B και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 4_B	Ρόλος επινόησης στην επιστήμη	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (B και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 4_A	Αβέβαιος χαρακτήρας επιστήμης	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (B και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 4_Γ	Εμπειρικός χαρακτήρας επιστήμης	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις τρεις ομάδες

Ένα δεύτερο βήμα για την απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος της 1<sup>ης</sup> μελέτης, ήταν η διερεύνηση του βαθμού βελτίωσης της ικανότητας των φοιτητών να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό κατά την ανάλυση καινούριων φυσικών συστημάτων, μετά την εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 58, η ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, δεν εντόπισε οποιαδήποτε συσχέτιση ανάμεσα στη βελτίωση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης με τη συγκεκριμένη ικανότητα των φοιτητών. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι σε κανένα από τα έργα αξιολόγησης δεν παρουσιάστηκε ξεκάθαρη υπεροχή των πειραματικών ομάδων που διδάχθηκαν στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης, προς την ομάδα ελέγχου. Αντίθετα, σε τρία από τα οκτώ ερωτήματα, εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση και στις τρεις ομάδες. Στα υπόλοιπα έργα αξιολόγησης δεν εντοπίστηκε κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο ως προς τον βαθμό βελτίωσης των ομάδων, αφού σε κάθε περίπτωση μια διαφορετική ομάδα υπερείχε των υπολοίπων. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση του



πρώτου ερωτήματος του πρώτου έργου αξιολόγησης εντοπίστηκε βελτίωση μόνο στην Ομάδα Α και Γ. Αντίθετα, στο δεύτερο έργο αξιολόγησης και στο δεύτερο ερώτημα του έκτου έργου αξιολόγησης, σημαντικότερη βελτίωση παρουσιάστηκε στους φοιτητές της Ομάδας Β, ενώ στο έργο που αφορούσε τη σχέση του μεγέθους του μαγνήτη με την ισχύ του, οι συμμετέχοντες της Γ Ομάδας πήγαν καλύτερα.

Πίνακας 58. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την ικανότητα των φοιτητών των τριών ομάδων να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επιδίωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)
Έργο αξιολόγησης 1_A	Μαγνητικές αλληλεπιδράσεις	Βελτίωση επίδοσης ομάδας Α και Γ Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Β
Έργο αξιολόγησης 1_B	Μαγνητικές αλληλεπιδράσεις	Βελτίωση επίδοσης όλων των ομάδων (Α,Β, Γ)
Έργο αξιολόγησης 2	Μαγνητικοί πόλοι	Βελτίωση επίδοσης ομάδας Β Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Α και Γ
Έργο αξιολόγησης 3	Η Γη ως μαγνήτης	Βελτίωσης επίδοσης όλων των ομάδων (Α,Β, Γ)
Έργο αξιολόγησης 4	Σχέση μεγέθους – ισχύς μαγνήτη	Βελτίωσης επίδοσης ομάδας Γ Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Α και Β
Έργο αξιολόγησης 5	Μαγνητική δέσμη	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις τρεις ομάδες
Έργο αξιολόγησης 6_A	Μαγνητικό πεδίο	Βελτίωσης επίδοσης όλων των ομάδων (Α,Β, Γ)
Έργο αξιολόγησης 6_B	Μαγνητικό πεδίο	Βελτίωση επίδοσης ομάδας Β Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Α και Γ

Συνοψίζοντας λοιπόν τα ευρήματα από τη διερεύνηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, οδηγούμαστε στην απόρριψη της υπόθεσης ότι η κατανόηση της Φύσης της επιστήμης, όπως ορίζεται από τους Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz (2002), ενισχύει άμεσα την ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν έννοιες σε άγνωστα συστήματα, τουλάχιστον σε περιπτώσεις που η διδακτική παρέμβαση διαρκεί λίγους μήνες. Τα αποτελέσματα αυτά υποστηρίζουν τα ευρήματα των Kim & Irving (2010), Seker & Welsh (2006), Schwarz & White (2005) και Irwin (2000) οι οποίοι και στις δικές τους έρευνες δεν εντόπισαν οποιαδήποτε διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών, ανάλογα με το αν διδάχθηκαν ή όχι στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης.

Το πιο πάνω συμπέρασμα, δεν αποκλείει το ενδεχόμενο στις περιπτώσεις όπου μια μακροχρόνια παρέμβαση προωθεί παράλληλα κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης και για κάποιο εννοιολογικό περιεχόμενο, να εντοπίσει κάποιο βαθμό συσχέτισης ανάμεσα στα δύο γνωστικά αντικείμενα. Ο λόγος που είναι πιθανόν να συμβεί αυτό είναι το ότι μια τέτοια είδους διδασκαλία που δεν θα είχε περιορισμένα χρονικά περιθώρια, ίσως να επέτρεπε σε κάποιους έμμεσους μηχανισμούς να δράσουν, με αποτέλεσμα τον εντοπισμό κάποιων έμμεσων αποτελεσμάτων, όσον αφορά στη σχέση Φύσης της Επιστήμης – εννοιολογικής κατανόησης. Τουλάχιστον όμως, στο επίπεδο της άμεσης συσχέτισης των δύο γνωστικών αντικειμένων, η παρούσα έρευνα εισηγείται ότι δεν εντοπίζονται δεδομένα που να υποστηρίζουν μια τέτοια είδους σχέση.

## **5.2. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 2**

***Ερευνητικό ερώτημα:** Σε ποιο βαθμό ο διαφορετικός τρόπος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης έχει επίδραση στην ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν τις επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα;*

Όπως φάνηκε και από τα αποτελέσματα από το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, η ρητή αναφορά σε πτυχές της Φύσης της Επιστήμης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, θεωρείται απαραίτητη, αν επιδιώκουμε την καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών (Hanuscin, Akerson & Phillipson - Mower, 2006; Bell, Matkins & Gansneder, 2011; Sandoval, 2004). Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της Βιβλιογραφικής Επισκόπησης, υπάρχουν τρεις διδακτικές προσεγγίσεις, τις οποίες μπορεί να υιοθετήσει ένας εκπαιδευτικός στο πλαίσιο της διδασκαλίας του (Διάγραμμα 1). Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, την αποκομμένη διδασκαλία (non integrated instruction), τα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης, παρουσιάζονται σε ένα πλαίσιο απομονωμένο, χωρίς την οποιαδήποτε αναφορά σε κάποιο εννοιολογικό περιεχόμενο. Αντίθετα, στην περίπτωση της ενσωματωμένη διδασκαλίας (integrated instruction), οι δραστηριότητες που αφορούν στη συγκεκριμένη μαθησιακή επίδιωξη, ενσωματώνονται στο πλαίσιο της επεξεργασίας κάποιας θεματικής ενότητας. Τέλος, η τρίτη διδακτική προσέγγιση αφορά στην παρουσίαση παραδειγμάτων από την Ιστορία της Επιστήμης, μέσω των οποίων αναδεικνύονται βασικές πτυχές του τρόπου λειτουργίας της Επιστήμης.

Στην παρούσα έρευνα και συγκεκριμένα στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης, έγινε μια ειδικότερη διαφοροποίηση στον τρόπο ενσωμάτωσης πτυχών της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο επεξεργασίας εννοιολογικού περιεχομένου. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε και πιο

πάνω, στην περίπτωση των δύο πειραματικών ομάδων πραγματοποιήθηκε ρητή διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης, με μόνη διαφορά το βαθμό εξάρτησης ανάμεσα στην επεξεργασία της συγκεκριμένης μαθησιακής επιδίωξης και του εννοιολογικού περιεχομένου. Ειδικότερα, στην Ομάδα Β, οι όποιες επιστημολογικές συζητήσεις πραγματοποιήθηκαν ήταν στο πλαίσιο επεξεργασία του μαγνητισμού, ενώ στην Ομάδα Γ, οι αντίστοιχες συζητήσεις ήταν παράλληλες αλλά εντελώς ανεξάρτητες από οποιοδήποτε εννοιολογικό περιεχόμενο. Έτσι, ένας από τους στόχους της εργασίας ήταν η διερεύνηση του αν αυτή η διαφοροποίηση στον τρόπο διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης, είχε οποιαδήποτε επίδραση στον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης των μανθανόντων, και συγκεκριμένα στην ικανότητα τους να εφαρμόζουν επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα.

Πίνακας 59. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την ικανότητα των φοιτητών των πειραματικών ομάδων να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με το μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επιδίωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)	Σύγκριση τελικής επίδοσης πειραματικών ομάδων
Έργο αξιολόγησης 1_A	Μαγνητικές αλληλεπιδράσεις	Βελτίωση επίδοσης ομάδας Α και Γ Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Β	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 1_B	Μαγνητικές αλληλεπιδράσεις	Βελτίωση επίδοσης όλων των ομάδων (Α,Β, Γ)	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 2	Μαγνητικοί πόλοι	Βελτίωση επίδοσης ομάδας Β Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Α και Γ	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 3	Η Γη ως μαγνήτης	Βελτίωσης επίδοσης όλων των ομάδων (Α,Β, Γ)	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 4	Σχέση μεγέθους – ισχύς μαγνήτη	Βελτίωσης επίδοσης ομάδας Γ Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Α και Β	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 5	Μαγνητική δέσμη	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις τρεις ομάδες	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 6_A	Μαγνητικό πεδίο	Βελτίωσης επίδοσης όλων των ομάδων (Α,Β, Γ)	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 6_B	Μαγνητικό πεδίο	Βελτίωση επίδοσης ομάδας Β Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα Α και Γ	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά

Στον Πίνακα 59, συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τη σύγκριση της τελικής επίδοσης των συμμετεχόντων των δύο πειραματικών ομάδων, σε όλα τα έργα αξιολόγησης που αφορούσαν στην κατανόηση της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, μέσω του στατιστικού ελέγχου Mann Whitney. Όπως προκύπτει, σε κανένα από αυτά τα έργα αξιολόγησης δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων. Το εύρημα αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι καμία από τις δύο μεθόδους διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης δεν επέδρασε ενισχυτικά στη συγκεκριμένη διάσταση της εννοιολογικής κατανόησης.

### **5.3. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 3**

*Ερευνητικό ερώτημα: Σε ποιο βαθμό ο διαφορετικός τρόπος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης έχει επίδραση στον βαθμό κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης;*

Σαν προέκταση του προηγούμενου ερευνητικού ερωτήματος, στο πλαίσιο της πρώτης μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση του διαφορετικού τρόπου διδασκαλίας πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, στον βαθμό επιστημολογικής επάρκειας των φοιτητών. Στον Πίνακα 60, συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τη σύγκριση της τελικής επίδοσης των φοιτητών που συμμετείχαν στις δύο πειραματικές ομάδες, σε όλα τα έργα αξιολόγησης που αφορούσαν στον βαθμό κατανόησης της Φύσης της Επιστήμης, τα οποία προέκυψαν από τον στατιστικό έλεγχο Mann Whitney. Όπως φαίνεται, σε όλες τις περιπτώσεις η τελική επίδοση των συμμετεχόντων κυμαινόταν στο ίδιο επίπεδο, χωρίς να παρατηρείται οποιοδήποτε προβάδισμα σε κάποια από τις δύο ομάδες.

Τα ευρήματα από τη διερεύνηση του συγκεκριμένου ερευνητικού ερωτήματος, εισηγούνται ότι και οι δύο διδακτικές προσεγγίσεις είναι εξίσου αποτελεσματικές στη βελτίωση της επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας με τα ευρήματα από τη σύγκριση της αποκομμένης διδασκαλίας (non integrated instruction) με την ενσωματωμένη διδασκαλία (integrated instruction), στα οποία ούτε και εκεί εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές (Khishfe & Lederman, 2007, 2006; Bell, Matkins & Gansneder, 2011) φαίνεται ότι οποιαδήποτε διδασκαλία αναφέρεται ρητά σε πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, ανεξάρτητα από τον τρόπο που είναι σχεδιασμένη, είναι αποτελεσματική στην ενίσχυση της επιστημολογικής επάρκειας.

Πίνακας 60. Σύνοψη αποτελεσμάτων 1<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των πειραματικών ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επιδίωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)	Σύγκριση τελικής επίδοσης πειραματικών ομάδων
Έργο αξιολόγησης 1_A	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις τρεις ομάδες	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 1_B	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (Β και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 2	Επινόηση επιστημονικών θεωριών	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (Β και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 3	Επινοημένη επιστημονική έννοια, εκτός από το μαγνητισμό	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (Β και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 4_B	Ρόλος επινόησης στην επιστήμη	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (Β και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 4_A	Αβέβαιος χαρακτήρας επιστήμης	Βελτίωση επίδοσης πειραματικών ομάδων (Β και Γ) Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 4_Γ	Εμπειρικός χαρακτήρας επιστήμης	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις τρεις ομάδες	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά

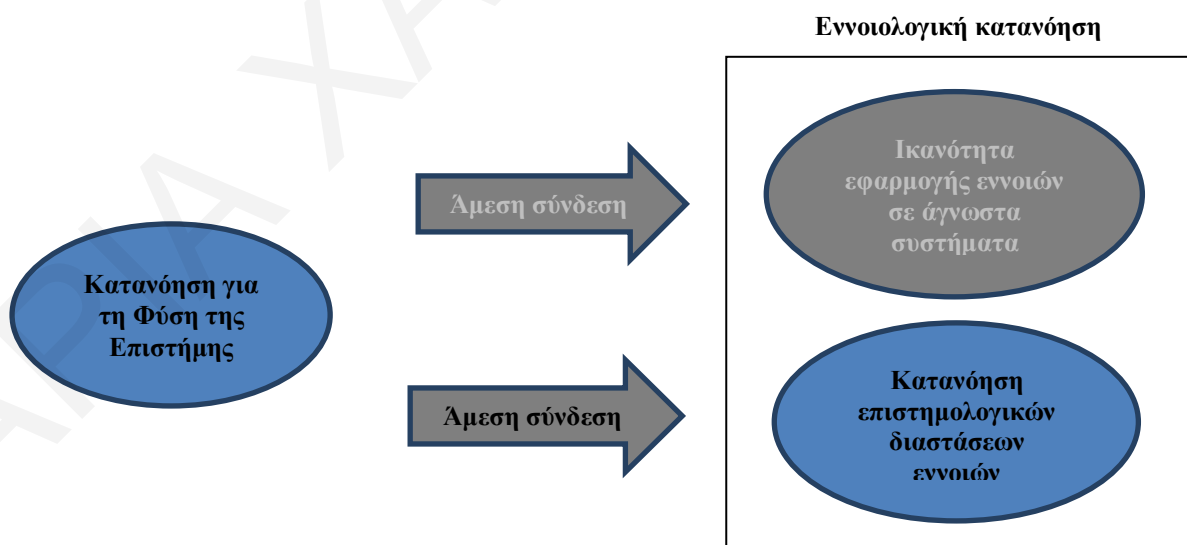
#### 5.4. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 4

**Ερευνητικό ερώτημα:** Σε ποιο βαθμό η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού προκύπτει αυθόρμητα ή προϋποθέτει ρητή διδασκαλία;

Σύμφωνα με τον ορισμό της εννοιολογικής κατανόησης που υιοθετήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας (Papadouris & Constantinou, 2014; 2017), η δεύτερη διάσταση που

συνθέτει την εννοιολογική κατανόηση, εκτός από την ικανότητα εφαρμογής εννοιών σε άγνωστα συστήματα, είναι η αναγνώριση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας επιστημονικής έννοιας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την πιο πάνω θεωρία, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν την οντολογική υπόσταση και την επιστημολογική αξία της κάθε επιστημονικής έννοιας.

Οι περισσότεροι ερευνητές κατά την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης, παραλείπουν τη διερεύνηση της συγκεκριμένης διάστασης (π.χ. Lin, Chan & van Aalst, 2014; Peters, 2012; Gobert & Pallant, 2004 κτλ.), για αυτό το λόγο στη βιβλιογραφία είναι περιορισμένες οι έρευνες που αναφέρονται στη διδασκαλία αλλά και στην κατανόηση μαθητών όσον αφορά στη συγκεκριμένη μαθησιακή επιδίωξη. Στο πλαίσιο της δεύτερης μελέτης που πραγματοποιήθηκε, επιχειρήθηκε η διερεύνηση του κατά πόσο η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού προκύπτει αυθόρμητα, μέσα από τη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης ή προϋποθέτει ρητή διδασκαλία (Διάγραμμα 11). Με άλλα λόγια, θέλαμε να μελετήσουμε αν η κατανόηση βασικών πτυχών του τρόπου λειτουργίας της Επιστήμης γενικότερα (π.χ. κατανόηση της ύπαρξης επινοημένων οντοτήτων με απώτερο στόχο την εξήγηση φυσικών φαινομένων κτλ.) μπορούσε αυθόρμητα οδηγήσει στην εφαρμογή των γνώσεων αυτών στο ειδικότερο πλαίσιο, της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, έχοντας σαν αποτέλεσμα την αναγνώριση π.χ. της επινοημένης φύσης της έννοιας του μαγνητικού πεδίου.



Διάγραμμα 11. Πιθανός τρόπος σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης

Για το λόγο αυτό, στο πλαίσιο της δεύτερης μελέτης, δημιουργήθηκαν δύο ομάδες, μια ομάδα ελέγχου και μια πειραματική, όπου στην πρώτη έγινε αποκλειστικά διδασκαλία της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού και της φύσης της επιστήμης, ενώ στην πειραματική ομάδα έγινε επιπλέον διδασκαλία για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού.

Προκειμένου να απαντήσουμε στο τέταρτο ερευνητικό ερώτημα της εργασίας, έπρεπε αρχικά να μελετήσουμε ότι όντως η διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης, ενίσχυσε τον βαθμό επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών και στις δύο ομάδες, χρησιμοποιώντας το στατιστικό έλεγχο Wilcoxon. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 61, και οι δύο ομάδες βελτίωσαν στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις τους για τη Φύση της Επιστήμης και συγκεκριμένα φαίνεται ότι μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις, οι φοιτητές κατανόησαν τον ρόλο της επινόησης στην Επιστήμη, την αξία του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης και τη διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας. Μόνο στην περίπτωση του δεύτερου ερωτήματος του δεύτερου έργου αξιολόγησης, που αφορούσε στον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης, δεν παρουσιάστηκε οποιαδήποτε βελτίωση. Το γεγονός αυτό φανερώνει ίσως μια αδυναμία του διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκε και στις δύο ομάδες, όσον αφορά στην προώθηση της κατανόησης για τη συγκεκριμένη πτυχή της Φύσης της Επιστήμης.

Πίνακας 61. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των δύο ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επίδιωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)
Έργο αξιολόγησης 1	Επινοημένη φύση επιστημονικών θεωριών	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων
Έργο αξιολόγησης 2_A	Εμπειρικός χαρακτήρας επιστήμης	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων
Έργο αξιολόγησης 2_B	Αβέβαιος χαρακτήρας επιστήμης	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε κάποια από τις δύο ομάδες
Έργο αξιολόγησης 3_A	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων
Έργο αξιολόγησης 3_B	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων

Σε ένα επόμενο επίπεδο, μελετήθηκε ο βαθμός βελτίωσης των φοιτητών όσον αφορά στα έργα αξιολόγησης που αφορούσαν στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού. Στον Πίνακα 62, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εντοπίστηκαν από την ανάλυση των σχετικών έργων αξιολόγησης. Όπως φαίνεται μέσα από τη σύγκριση της

αρχικής και της τελικής επίδοσης των συμμετεχόντων, μέσω του στατιστικού ελέγχου Wilcoxon, μόνο οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση και στα τρία έργα αξιολόγησης. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι παρόλο που οι συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου διδάχθηκαν για τη Φύση της Επιστήμης, εντούτοις η γνώση αυτή, δεν τους οδήγησε αυτόματα στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού. Τα ευρήματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι είναι απαραίτητη η ρητή διδασκαλία των επιστημολογικών διαστάσεων της κάθε επιστημονικής έννοιας και ότι η συγκεκριμένη γνώση, δεν προκύπτει μέσα από τη διδασκαλία οποιουδήποτε άλλου γνωστικού αντικειμένου, όπως η Φύση της Επιστήμης. Με άλλα λόγια, φαίνεται ότι οι μαθητές χρειάζονται βοήθεια για να καταφέρουν να μεταφέρουν τις όποιες γνώσεις έχουν για τη Φύση της Επιστήμης, στο πλαίσιο της θεματικής ενότητας που μελετάται σε κάθε περίπτωση.

Πίνακας 62. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των δύο ομάδων για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επίδιωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)
Έργο αξιολόγησης 1	Αναφορά σε επινοημένη έννοια από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού	Βελτίωση επίδοσης πειραματικής ομάδας Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 2	Φύση μαγνητικού πεδίου και μαγνητικών γραμμών	Βελτίωση επίδοσης πειραματικής ομάδας Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 3	Φύση μαγνητικού πεδίου και μαγνητικών γραμμών	Βελτίωση επίδοσης πειραματικής ομάδας Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην ομάδα ελέγχου

Μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων, εντοπίστηκαν κάποιες δυσκολίες που παρουσίασαν οι φοιτητές όσον αφορά τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού. Συγκεκριμένα, μέσα από την κωδικοποίηση του δεύτερου και του τρίτου έργου αξιολόγησης, φάνηκε ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων της έρευνας, πριν τη συμμετοχή τους στις διδακτικές παρεμβάσεις, αντιλαμβάνονταν την έννοια του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών σαν μια υλική οντότητα. Η αντίληψη αυτή μάλιστα, φάνηκε να ισχυροποιείται στην περίπτωση της ομάδας ελέγχου, όπου δεν πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις για την επινοημένη φύση των εν λόγω εννοιών, μετά την διεξαγωγή του



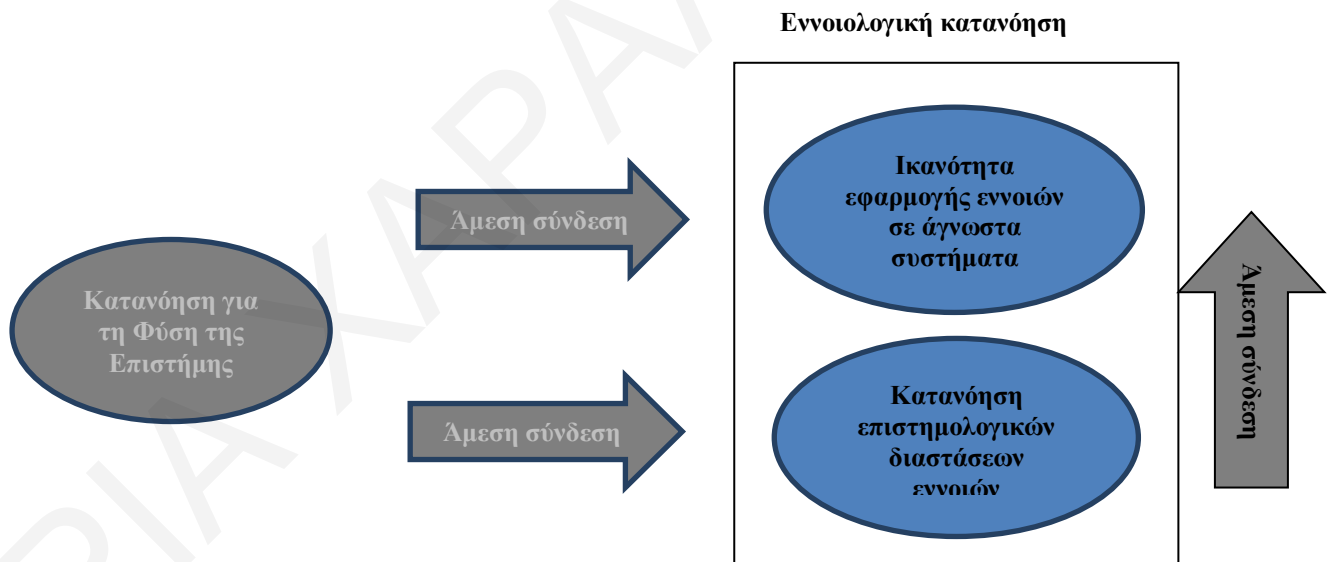
πειράματος όπου τοποθετήθηκαν ρινίσματα σιδήρου πάνω από ένα μαγνήτη. Μια πιθανή ερμηνεία για το γεγονός αυτό, είναι το ότι αφού μέσω του συγκεκριμένου πειράματος γίνονταν «ορατά αντιληπτές» οι μαγνητικές γραμμές, οι φοιτητές θεωρούσαν ότι ο τρόπος αυτός αποτελούσε μια απόδειξη της υλιστικής φύσης του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών. Μια άλλη ένδειξη για το πόσο ισχυρή ήταν αυτή η πεποίθηση, είναι το ότι ακόμα και στην περίπτωση της πειραματικής ομάδας όπου υπήρχαν στο διδακτικό υλικό ειδικά σχεδιασμένες δραστηριότητες που αφορούσαν στο οντολογικό status και την επιστημολογική αξία της έννοιας του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών, υπήρξαν αρκετοί φοιτητές που εξακολουθούσαν να υποστηρίζουν την υλιστική τους φύση, μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η δυσκολία αυτή των φοιτητών, φανερώνει την αδυναμία τους να διακρίνουν τη διαφορά ανάμεσα στο θεωρητικό χαρακτήρα μιας επινοημένης έννοιας (π.χ. μαγνητικό πεδίο, βαρύτητα) και στα εμπειρικά δεδομένα που προκύπτουν από την εφαρμογή της εκάστοτε έννοιας (π.χ. διάταξη ρινισμάτων σιδήρου – πτώση αντικειμένων). Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις φάνηκε ότι κάποιοι φοιτητές, κυρίως μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαχώριζαν τη φύση του μαγνητικού πεδίου από αυτή των μαγνητικών γραμμών, αφού υποστήριζαν ότι μόνο οι μαγνητικές γραμμές παρατηρούνται άμεσα. Η τάση των μαθητών να αποδίδουν υλικές ιδιότητες στην έννοια του μαγνητικού πεδίου και των μαγνητικών γραμμών, επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Guisasola et al., 2004; Törnkvist, 1993; Chi, Slotta, & Leeuw, 1994 ; Chi, 1993; Chi & Slotta, 1993).

Μια άλλη δυσκολία που παρουσίασαν οι φοιτητές που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα, αφορά στην αδυναμία τους να κατανοήσουν την επιστημολογική αξία της έννοιας του μαγνητικού πεδίου, των μαγνητικών γραμμών και των μαγνητικών πόλων. Η δυσκολία αυτή φανερώθηκε μέσα από την ανάλυση των απαντήσεων του πρώτου έργου αξιολόγησης. Συγκεκριμένα φάνηκε, ότι η συμμετοχή των φοιτητών στις διδασκαλίες, δεν έθεσε τους περισσότερους από αυτούς σε θέση να αναγνωρίσουν ότι η έννοια του μαγνητικού πεδίου συμβάλλει στην επεξήγηση φαινομένων αντίδρασης από απόσταση, ότι οι μαγνητικές γραμμές επιτελούν εργαλειακό χαρακτήρα αφού βοηθούν στην χαρτογράφηση του μαγνητικού πεδίου και τέλος, ότι η έννοια των μαγνητικών πόλων βοηθά στην επεξήγηση την έντασης των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε ένα μαγνήτη και ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο.

## 5.5. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 5

**Ερευνητικό ερώτημα:** Σε ποιο βαθμό η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού ενισχύει την ικανότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν τις επιδιωκόμενες έννοιες του μαγνητισμού σε άγνωστα συστήματα;

Στο πλαίσιο της διερεύνησης του θεωρητικού επιχειρήματος των Driver, Leach, Millar & Scott (1996), οι οποίοι υποστηρίζουν την άμεση σύνδεση της κατανόησης στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών, επιδιώξαμε τη διερεύνηση της άμεσης σύνδεσης των δύο συνιστωσών της εννοιολογικής κατανόησης, όπως αυτή ορίζεται από τους Papadouris & Constantinou (2014, 2017). Με άλλα λόγια, κατά την υλοποίηση της δεύτερης μελέτης μελετήθηκε το αν η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού έθεσε σε πιο πλεονεκτική θέση του φοιτητές στο να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό, κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 12. Πιθανός τρόπος σύνδεσης διαστάσεων εννοιολογικής κατανόησης

Όπως προέκυψε από την απάντηση του τέταρτου ερευνητικού ερωτήματος, μόνο οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας βελτίωσαν στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις τους για το οντολογικό status και την επιστημολογική αξία των εννοιών του μαγνητισμού. Σε ένα επόμενο επίπεδο, μελετήθηκε ο βαθμός βελτίωσης της επίδοσης των δύο ομάδων, όσον αφορά στην ικανότητα τους να εφαρμόζουν τις έννοιες αυτές σε άγνωστα συστήματα. Μέσα από τον Πίνακα 63, φαίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση

των αντίστοιχων έργων αξιολόγησης, μέσω του στατιστικού ελέγχου Wilcoxon. Τα ευρήματα αυτά φανερώνουν ότι στην περίπτωση του πρώτου έργου αξιολόγησης, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση και στις δύο ομάδες, ενώ στην περίπτωση του δεύτερου ερωτήματος του δεύτερου έργου αξιολόγησης δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε καμία από τις δύο ομάδες. Αντίθετα, στην περίπτωση του πρώτου ερωτήματος του δεύτερου έργου αξιολόγησης, παρατηρήθηκε βελτίωση μόνο στους φοιτητές της ομάδας ελέγχου, οι οποίοι δεν διδάχθηκαν οποιοδήποτε στοιχείο σχετικά με τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού. Επιπλέον, μέσα από τη σύγκριση της τελικής επίδοσης των δύο ομάδων, μέσω του στατιστικού ελέγχου Mann Whitney, δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο ομάδες.

Οι πιο πάνω ενδείξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι παρόλο που οι συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, εντούτοις η γνώση τους αυτή δεν τους έδωσε οποιοδήποτε προβάδισμα ως προς την ικανότητα τους να εφαρμόζουν τις συγκεκριμένες έννοιες κατά την ανάλυση καινούριων φυσικών συστημάτων.

Πίνακας 63. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την ικανότητα των φοιτητών των δύο ομάδων να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με το μαγνητισμό σε άγνωστα

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επίδιωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)	Σύγκριση τελικής επίδοσης
Έργο αξιολόγησης 1	Μαγνητικό πεδίο	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 2_A	Μαγνητικές γραμμές	Βελτίωση επίδοσης ομάδας ελέγχου Δεν εντοπίστηκε βελτίωση στην πειραματική ομάδα	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 2_B	Μαγνητικές γραμμές	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε καμία από τις δύο ομάδες	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά

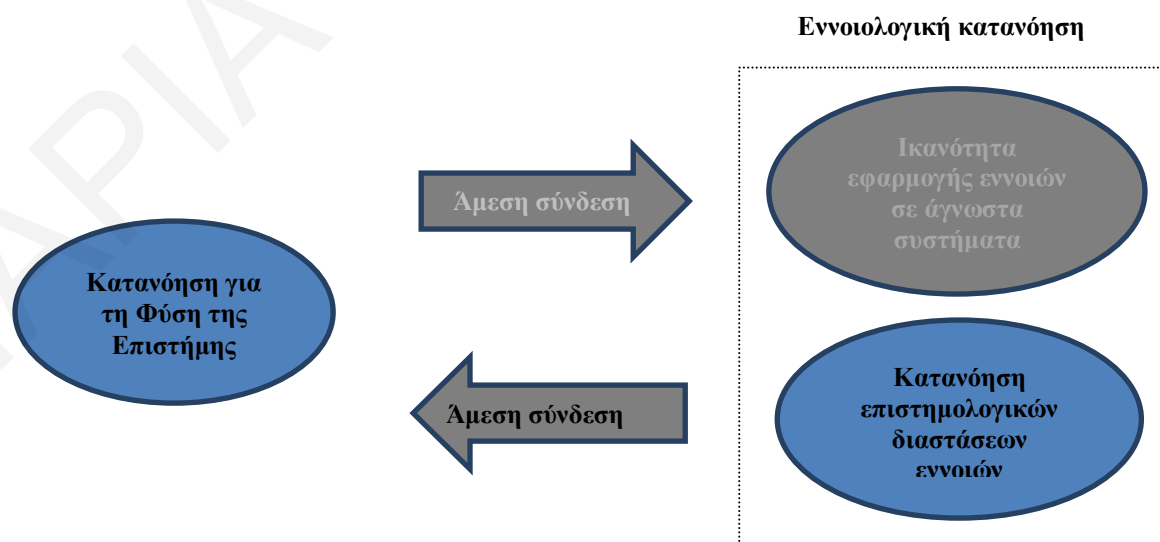
Τα ευρήματα του συγκεκριμένου ερευνητικού ερωτήματος, ενισχύουν την πεποίθηση ότι οι δύο διαστάσεις της εννοιολογικής κατανόησης λειτουργούν ανεξάρτητα η μια από την άλλη. Παραδείγματος χάριν, το γεγονός ότι ένας φοιτητής δεν αναγνωρίζει τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, δεν τον εμποδίζει από το να μπορεί να εφαρμόζει σχετικές έννοιες κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων. Αντίστοιχο

παράδειγμα αποτελεί και η έρευνα των Guisasola, Almudí & Zubimendi (2004), όπου επικεντρώθηκε σε προπτυχιακούς φοιτητές μηχανικής και φυσικών επιστημών, οι οποίοι είχαν επαρκείς γνώσεις σε θέματα μαγνητισμού. Παρόλα αυτά, όπως προέκυψε από τα δεδομένα της έρευνας, οι φοιτητές αυτοί δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίζουν την επινοημένη φύση των μαγνητικών γραμμών. Έτσι και στη δική μας περίπτωση, παρόλο που οι φοιτητές της ομάδας ελέγχου δεν βελτίωσαν στις αντιλήψεις τους για τις επιστημολογικές διαστάσεις του μαγνητισμού, κατάφεραν να φτάσουν σε παρόμοιο επίπεδο με τους συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας, όσον αφορά στην ικανότητα τους να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό σε άγνωστα συστήματα. Ανεξάρτητα όμως από τις πιο πάνω ενδείξεις, θεωρούμε ότι ένας μαθάνοντας για να έχει ολοκληρωμένη κατανόηση μιας θεματικής ενότητας, πρέπει να είναι σε θέση να εφαρμόζει την εν λόγω έννοια σε φυσικά συστήματα αλλά και να αναγνωρίζει το οντολογικό της status και την επιστημολογική της αξία.

### 5.6. Συζήτηση ευρημάτων για το ερευνητικό ερώτημα 6

**Ερευνητικό ερώτημα:** Σε ποιο βαθμό η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού ενισχύει την κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης;

Ένας άλλος πιθανός τρόπος σύνδεσης της Φύσης της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης, είναι η πιθανή συμβολή της κατανόησης των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης (Διάγραμμα 13). Με άλλα λόγια, στη συγκεκριμένη περίπτωση διερευνήθηκε το αν η επιστημολογική γνώση των φοιτητών για τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού (ειδικό πλαίσιο), ενίσχυσε την κατανόηση τους για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης (γενικό πλαίσιο).



Διάγραμμα 13. Πιθανός τρόπος σύνδεσης εννοιολογικής κατανόησης και φύσης της επιστήμης

Για να διερευνήσουμε το συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα, μελετήσαμε αρχικά τον βαθμό βελτίωσης της επίδοσης των συμμετεχόντων και των δύο ομάδων, στα έργα αξιολόγησης που αφορούσαν στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, μέσω του στατιστικού ελέγχου Wilcoxon, αφού όπως φάνηκε από την ανάλυση του προηγούμενου ερευνητικού ερωτήματος, μόνο στην περίπτωση της πειραματικής ομάδας υπήρχε βελτίωση στην κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 64, οι φοιτητές και των δύο ομάδων βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους για τη Φύση της Επιστήμης, εκτός από την περίπτωση του δεύτερου ερωτήματος του δεύτερου έργου αξιολόγησης, το οποίο αφορούσε στον αβέβαιο χαρακτήρα της Επιστήμης. Επιπρόσθετα, μέσα από τη σύγκριση της τελικής επίδοσης των δύο ομάδων, στα συγκεκριμένα έργα αξιολόγησης, μέσω του στατιστικού ελέγχου Mann Whitney, φάνηκε ότι εκτός από την περίπτωση του πρώτου έργου αξιολόγησης, όπου οι φοιτητές της ομάδας ελέγχου φάνηκε να είχαν καλύτερες επιδόσεις, εντούτοις στα υπόλοιπα έργα αξιολόγησης δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες. Άρα με βάση τα πιο πάνω δεδομένα φαίνεται ότι η αναγνώριση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού δεν θέτει σε πιο πλεονεκτική θέση ως προς την κατανόηση τους για τη φύση της επιστήμης.

Πίνακας 64. Σύνοψη αποτελεσμάτων 2<sup>ης</sup> μελέτης σχετικά με την κατανόηση των φοιτητών των δύο ομάδων για τη Φύση της Επιστήμης

Έργο αξιολόγησης	Μαθησιακή επιδίωξη	Αποτελέσματα ανάλυσης (βαθμός βελτίωσης μετά τη διδακτική παρέμβαση)	Σύγκριση τελικής επίδοσης
Έργο αξιολόγησης 1	Επινοημένη φύση επιστημονικών θεωριών	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων	Καλύτερη επίδοση φοιτητών ομάδας ελέγχου
Έργο αξιολόγησης 2_A	Εμπειρικός χαρακτήρας επιστήμης	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 2_B	Αβέβαιος χαρακτήρας επιστήμης	Δεν εντοπίστηκε βελτίωση σε καμία από τις δύο ομάδες	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 3_A	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά
Έργο αξιολόγησης 3_B	Διάκριση παρατήρησης – ερμηνείας	Βελτίωση επίδοσης και των δύο ομάδων	Δεν τεκμηριώνεται διαφορά

## 5.7. Σύνοψη συμπερασμάτων

Απώτερος σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της διασύνδεσης ανάμεσα στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης, όπως ορίζεται από τους Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz (2002), και στην εννοιολογική κατανόηση, η οποία περιλαμβάνει α. την ικανότητα εφαρμογής εννοιών κατά την ανάλυση φυσικών συστημάτων και β. την αναγνώριση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας (Papadouris & Constantinou, 2014; 2017). Όπως προέκυψε από τα ευρήματα των δύο επιμέρους μελετών που πραγματοποιήθηκαν, φαίνεται ότι δεν εντοπίστηκε οποιαδήποτε συσχέτιση ανάμεσα στις τρεις πιο πάνω μαθησιακές επιδιώξεις. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι η κατανόηση βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης αλλά και των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, δεν ενισχύει την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόζουν έννοιες σχετικές με τον μαγνητισμό κατά την ανάλυση καινούριων φυσικών συστημάτων (ερευνητικό ερώτημα 1 και ερευνητικό ερώτημα 5 αντίστοιχα). Επιπλέον, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται ότι η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού δεν βελτιώνει τον βαθμό κατανόησης στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης (ερευνητικό ερώτημα 6).

Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο διερεύνησης πιθανών συνδέσεων ανάμεσα στις πιο πάνω μαθησιακές επιδιώξεις, προέκυψε ότι η κατανόηση βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, όπως π.χ. η αναγνώριση του ρόλου της δημιουργικότητας των επιστημόνων, δεν μπορεί να μεταφερθεί αυτόματα από τους μαθητές στο ειδικό πλαίσιο της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού, με αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αναγνώριση των επιστημολογικών του διαστάσεων π.χ. την κατανόηση ότι έννοιες όπως το μαγνητικό πεδίο είναι επινοήσεις των επιστημόνων. Αντίθετα, φαίνεται ότι η κατανόηση τέτοιου είδους στοιχείων απαιτεί ρητή διδασκαλία (ερευνητικό ερώτημα 4).

Τέλος, ένα άλλο συμπέρασμα που προέκυψε από την παρούσα έρευνα σχετίζεται με τη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης και τους πιθανούς τρόπους ενσωμάτωσης της στο πλαίσιο επεξεργασίας εννοιολογικού περιεχομένου: α. ταυτόχρονη διδασκαλία και β. παράλληλη-ανεξάρτητη διδασκαλία. Τα ευρήματα της έρευνας φαίνεται να υποστηρίζουν ότι και οι δύο τρόποι διδασκαλία είναι εξίσου αποτελεσματικοί.

## 5.8. Εκπαιδευτικές προεκτάσεις

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας είναι ιδιαίτερα σημαντικά ως προς τη συνεισφορά τους στην εκπαίδευση. Πρωτίστως, μέσα από τη διεκπεραίωση των δύο επιμέρους μελετών, αναδείχθηκαν σημαντικές διδακτικές προσεγγίσεις, τις οποίες πρέπει να έχουν υπόψη τους οι εκπαιδευτικοί και οι σχεδιαστές διδακτικού υλικού, όσον αφορά στη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης και των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας.

Μια τέτοιου είδους προσέγγιση αφορά στον τρόπο ενσωμάτωσης δραστηριοτήτων που αφορούν στη Φύση της επιστήμης, στο πλαίσιο επεξεργασίας κάποιου επιστημονικού περιεχομένου. Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας αναδείχθηκαν δύο διακριτοί τρόποι ενσωμάτωσης της Φύσης της Επιστήμης στη διδασκαλία κάποιας θεματικής ενότητας: α. η ταυτόχρονη διδασκαλία και β. η παράλληλη-ανεξάρτητη διδασκαλία (Διάγραμμα 8). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν, και οι δύο τρόποι διδασκαλίας είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί όσον αφορά στη βελτίωση της επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών. Άρα εναπόκειται στον κάθε εκπαιδευτικό ποια μέθοδο θα επιλέξει να εφαρμόσει, ανάλογα με τις δυνατότητες που του παρέχει η εκάστοτε θεματική ενότητα που διδάσκει.

Επιπλέον, όσον αφορά στη διδασκαλία των επιστημολογικών διαστάσεων των εννοιών, μέσα από τα ευρήματα της δεύτερης μελέτης, φάνηκε ότι η κατανόηση τέτοιου είδους στοιχείων δεν προκύπτει αυθόρμητα, μέσα από τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης. Αντίθετα, ένας εκπαιδευτικός που επιδιώκει να καλλιεργήσει τέτοιου είδους γνώση στους μαθητές του, θα πρέπει να σχεδιάσει και να ενσωματώσει στο διδακτικό υλικό, δραστηριότητες που να αναφέρονται ρητά στο οντολογικό status και την επιστημολογική αξία της κάθε έννοιας.

Μια άλλη προέκταση της συνεισφοράς της παρούσας έρευνας, αφορά στη δυνατότητα αξιοποίησης του διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκε στις δύο επιμέρους μελέτες, για την προώθηση της κατανόησης για τη Φύση της Επιστήμης και των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού. Το συγκεκριμένο διδακτικό υλικό, το οποίο σχεδιάστηκε αποκλειστικά για τον σκοπό της παρούσας έρευνας, φάνηκε ότι είναι αποτελεσματικό ως προς την προώθηση των συγκεκριμένων γνωστικών αντικειμένων, παρόλο που παρατηρήθηκαν κάποιες μεμονωμένες αδυναμίες π.χ. στην περίπτωση του διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκε στη δεύτερη μελέτη, οι δραστηριότητες που αφορούν στον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστήμης πρέπει να αναθεωρηθούν, προκειμένου να προωθούν καλύτερα τη συγκεκριμένη γνώση.

Τέλος, στο πλαίσιο σχεδιασμού της έρευνας, και συγκεκριμένα κατά την αναζήτηση έτοιμων εργαλείων αξιολόγησης από τη βιβλιογραφία, παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν πολύ

περιορισμένα διαθέσιμα εργαλεία όσον αφορά στην αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού. Το γεγονός αυτό, μας οδήγησε στην ανάπτυξη καινούριων έργων αξιολόγησης, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν σε μελλοντικές έρευνες. Παρόλο που τα συγκεκριμένα έργα αξιολόγησης, επικεντρώνονται στη θεματική ενότητα του μαγνητισμού, εντούτοις με τις κατάλληλες τροποποιήσεις μπορούν να προσαρμοστούν στην οποιαδήποτε θεματική ενότητα.

## 5.9. Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα

Η ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας δεν εντόπισε οποιαδήποτε συσχέτιση ανάμεσα στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης και στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών για τον μαγνητισμό. Παρόλα αυτά λόγω του ότι στη βιβλιογραφία υπάρχουν συγκρουόμενα δεδομένα σχετικά με την πιο πάνω σύνδεση, την οποία υποστηρίζουν σε θεωρητικό επίπεδο οι Driver, Leach, Millar & Scott (1996), θεωρούμε ότι θα ήταν καλό να επαναληφθούν μελλοντικά παρόμοιες έρευνες. Ένας άλλος λόγος που καθιστά σημαντική την επανάληψη παρόμοιων ερευνών είναι το περιορισμένο δείγμα της παρούσας έρευνας. Οι έρευνες όμως που θα διεξαχθούν θα πρέπει να περιλαμβάνουν πρωτίστως κατάλληλο μεθοδολογικό – πειραματικό σχεδιασμό, αλλά και να λαμβάνουν υπόψη τους τις δυο διαστάσεις της εννοιολογικής κατανόησης (Papadouris & Constantinou, 2014; 2017). Επιπλέον, θα ήταν χρήσιμο να διερευνηθούν παρόμοια ερευνητικά ερωτήματα στο πλαίσιο διαφορετικών θεματικών εννοιολογικών περιεχομένων, εκτός από το εννοιολογικό περιεχόμενο του μαγνητισμού.

Μια άλλη διάσταση που θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθεί είναι το αν η διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης επηρεάζει τη δυνατότητα εντοπισμού οποιασδήποτε σύνδεσης ανάμεσα στην κατανόηση για τη Φύση της Επιστήμης και της εννοιολογικής κατανόησης. Πιο συγκεκριμένα, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί το αν μια μακροχρόνια παρέμβαση που αφορούσε στη διδασκαλία σχετικών γνωστικών αντικειμένων, επέτρεπε σε οποιοδήποτε άμεσο ή έμμεσο μηχανισμό σύνδεσης να ενεργοποιηθεί.

Επιπρόσθετα, σαν επέκταση του τέταρτου ερευνητικού ερωτήματος της παρούσας έρευνας, το οποίο αφορούσε στην ικανότητα των μαθητών να μεταφέρουν τις γνώσεις τους από το γενικό πλαίσιο της επιστήμης στο ειδικό πλαίσιο της θεματικής ενότητας του μαγνητισμού αυτόματα, θα ήταν ενδιαφέρουσα η μελέτη μιας αντίστροφης σχέσης. Δηλαδή, θα μπορούσε μια μελλοντική έρευνα να διερευνήσει το αν η διδασκαλία και κατ' επέκταση η κατανόηση των επιστημολογικών διαστάσεων μιας έννοιας, οδηγεί σε κάποιο βαθμό στην



αναγνώρισης βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια αντίστοιχη διδασκαλία.

Τέλος, όσον αφορά στη διδασκαλία και εκμάθηση των επιστημολογικών διαστάσεων του μαγνητισμού, θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθεί η οποιαδήποτε σύνδεση της κατανόησης τέτοιου είδους στοιχείων με τον βαθμό ενδιαφέροντος των μαθητών για τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού. Με άλλα λόγια, θεωρείται χρήσιμη η μελέτη του κατά πόσο το ενδιαφέρον των μαθητών για μια θεματική ενότητα, επηρεάζει τον βαθμό κατανόησης του οντολογικού status και της επιστημολογικής αξίας της συγκεκριμένης έννοιας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Αγγλόφωνη

Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.

Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785-810.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International journal of science education*, 22(7), 665-701.

Aikenhead, G. S., Ryan, A. G., & Fleming, R. W. (1989). VOSTS—Views on Science--Technology-Society. *Canada: University of Saskatchewan*.

Akerson, V., & Donnelly, L. A. (2010). Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain?. *International Journal of Science Education*, 32(1), 97-124.

Akerson, V., Nargund-Joshi, V., Weiland, I., Pongsanon, K., & Avsar, B. (2014). What third-grade students of differing ability levels learn about nature of science after a year of instruction. *International Journal of Science Education*, 36(2), 244-276.

Allchin, D. (2012). Toward clarity on whole science and KNOWS. *Science Education*, 96(4), 693-700.

Allchin, D. (2013). Teaching the nature of science. *Perspectives and resources*. St. Paul, MN: SHiPS Education Press.

Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18-26.

Alpaslan, M. M., Yalvac, B., & Loving, C. (2017). High School Physics Students' Personal Epistemologies and School Science Practice. *Science & Education*, 26(7-9), 841-865.

Alshamrani, S. M. (2008). *Context, accuracy, and level of inclusion of nature of science concepts in current high school physics textbooks*. University of Arkansas.

Alters, B. J. (1997). Whose nature of science?. *Journal of research in science teaching*, 34(1), 39-55.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990) *Science for all Americans*. Oxford University Press, New York

Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B. M. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414-436.

Buehl, M. M., & Alexander, P. A. (2005). Motivation and performance differences in students' domain-specific epistemological belief profiles. *American Educational Research Journal*, 42(4), 697-726.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(5), 514-529.

Chi, M. T. (1993, June). Barriers to conceptual change in learning science concepts: A theoretical conjecture. In *Proceedings of the Fifteenth Annual Cognitive Science Society Conference* (pp. 312-317). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Chi, M., Slotta, J., & Leeuw, N. (1994). From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.

Chi, M. T. H., & Slotta, J. D. (1993). The Ontological Coherence of Intuitive Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2&3), 249-260.

Chu, H. E., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). Naïve students' conceptual development and beliefs: The need for multiple analyses to determine what contributes to student success in a university introductory physics course. *Research in Science Education*, 38(1), 111-125.

Clough, M. P. (2007, January). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets. In *The pantaneto forum* (Vol. 25, No. Januar, pp. 31-40).

Cohen, L. M., & Manion, L. I. & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*, 6.

Coleman, J., Stears, M., & Dempster, E. (2015). Student teachers' understanding and acceptance of evolution and the nature of science. *South African Journal of Education*, 35(2), 1079.

Craven, G. (1966). Critical thinking abilities and understanding of science by science teacher-candidates at Oregon State University. *Dissertation Abstracts International*, 27, 125A

Davis, E. A. (1997). Students' Epistemological Beliefs about Science and Learning.

Davis, E. (2003). Untangling dimensions of middle school students' beliefs about scientific knowledge and science learning. *International Journal of Science Education*, 25(4), 439-468.

DFEE (Department for Education and Employment). (1999). *The national curriculum for England*. London: Author.

Ding, L., Chabay, R., & Sherwood, B. (2013). How do students in an innovative principle-based mechanics course understand energy concepts?. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 722-747.

Driver, R., Leach, J., & Millar, R. Scott. P. (1996). *Young people's images of science*.

Eflin, J. T., Glennan, S., & Reisch, G. (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-116.

Elby, A., & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 85(5), 554-567.

Eliot, C. W. (1898). The unity of educational reform. In C. W. Eliot (Ed.), *Educational reform* (pp. 315-339). New York: The Century Company.

Guisasola, J., Almudí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2004). Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. *Science Education*, 88(3), 443-464.

Gobert, J. D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. C., Levy, S. T., & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684.

Gobert, J. D., & Pallant, A. (2004). Fostering students' epistemologies of models via authentic model-based tasks. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 7-22.

Government of Ireland (1999), *Primary School Curriculum*. Dublin: The Stationery Office

Hanuscin, D. L., Akerson, V. L., & Phillipson-Mower, T. (2006). Integrating nature of science instruction into a physical science content course for preservice elementary teachers: NOS views of teaching assistants. *Science Education*, 90(5), 912-935.

Hodson, D. (2009). Further Thoughts on Demarcation. In *Teaching and Learning about Science* (pp. 113-150). Brill Sense.

Hodson, D., & Wong, S. L. (2017). Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.

Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Springer, Dordrecht.

Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science education*, 84(1), 5-26.

Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.

Khishfe, R., & Lederman, N. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961.

Kim, S. Y., & Irving, K. E. (2010). History of science as an instructional context: Student learning in genetics and nature of science. *Science & Education*, 19(2), 187-215.

Klopfer, L. E., & Cooley, W. W. (1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists: A report on the HOSG instruction project. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(1), 33-47.

Koh, L., & Chin, C. (2008). A study of students' understanding of the nature of science and their higher-order thinking skills in biology.

Krell, M., zu Belzen, A. U., & Krüger, D. (2014). Students' Levels of Understanding Models and Modelling in Biology: Global or Aspect-Dependent?. *Research in science education*, 44(1), 109-132.

Kruse, J. W. (2010). *Historical short stories in the post-secondary biology classroom: Investigation of instructor and student use and views* (Doctoral dissertation, Iowa State University).

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of research on science education*, 831-879

Lederman, N., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In *The nature of science in science education* (pp. 83-126). Springer Netherlands.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497-521.

Lee, S. W. Y., Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2016). Do sophisticated epistemic beliefs predict meaningful learning? Findings from a structural equation model of undergraduate biology learning. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2327-2345.

Lin, F., Chan, C. K., & van Aalst, J. (2014). Promoting 5th graders' views of science and scientific inquiry in an epistemic-enriched knowledge-building environment. Boulder, CO: International Society of the Learning Sciences.

Lombrozo, T., Thanukos, A., & Weisberg, M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(3), 290-298.

Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Springer, Dordrecht.

McCOMAS, W. F. (2005, April). Seeking NOS standards: What content consensus exists in popular books on the nature of science. In *annual conference of the National Association of Research in Science Teaching, Dallas, TX*.

McComas, W. F. (Ed.). (2006). *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (Vol. 5). Springer Science & Business Media.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In *The nature of science in science education* (pp. 3-39). Springer Netherlands.

McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In *The nature of science in science education* (pp. 41-52). Springer Netherlands.

McDermott and the Physics Education Group at the University of Washington. (1996). *Physics by inquiry* (Vol. 2). New York, NY: Wiley.

Michel, H., & Neumann, I. (2016). Nature of science and science content learning. *Science & Education*, 25(9-10), 951-975.

Ministry of Education. 1993. *The New Zealand Curriculum Framework*, Wellington: Learning Media.

Nadelson, L. S., & Viskupic, K. (2010). Perceptions of the nature of science by geoscience students experiencing two different courses of study. *Journal of Geoscience Education*, 58(5), 275-285.

National Research Council (Ed.). (1996). *National science education standards*. National Academy Press

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

Niaz, M., & Maza, A. (2011). Nature of science in general chemistry textbooks. In *Nature of science in general chemistry textbooks* (pp. 1-37). Springer, Dordrecht.

Olstad, R. G. (1969). The effect of science teaching methods on the understanding of science. *Science Education*, 53(1), 9-11.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692-720.

Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2014). An exploratory investigation of 12-year-old students' ability to appreciate certain aspects of the nature of science through a specially designed approach in the context of energy. *International Journal of Science Education*, 36(5), 755-782.

Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2017). Integrating the epistemic and ontological aspects of content knowledge in science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 39(6), 663-682.

Perkins, K. K., Adams, W. K., Pollock, S. J., Finkelstein, N. D., & Wieman, C. E. (2005, September). Correlating student beliefs with student learning using the Colorado Learning Attitudes about Science Survey. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 790, p. 61). Iop institute of physics publishing ltd.

Peters, E. E. (2012). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: Influences of goal setting and self-monitoring. *Science & Education*, 21(6), 881-898.

Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the nature of science as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.

Sandoval, W. A. (2004). Developing learning theory by refining conjectures embodied in educational designs. *Educational psychologist*, 39(4), 213-223.

Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.

Sandoval, W. A., & Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383-408.

Sahin, M. (2010). Effects of problem-based learning on university students' epistemological beliefs about physics and physics learning and conceptual understanding of Newtonian mechanics. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 266-275.

Schwarz, C. V. (2002). Using Model-Centered Science Instruction To Foster Students' Epistemologies in Learning with Models.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Abd-el-Khalick, F. (2012). A series of misrepresentations: A response to Allchin's whole approach to assessing nature of science understandings. *Science Education*, 96(4), 685-692.

Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.

Seker, H., & Welsh, L. C. (2006). The use of history of mechanics in teaching motion and force units. *Science & Education*, 15(1), 55-89.

Seung, E., Bryan, L. A., & Butler, M. B. (2009). Improving preservice middle grades science teachers' understanding of the nature of science using three instructional approaches. *Journal of Science Teacher Education*, 20(2), 157-177.

Slotta, J. D., & Chi, M. T. H. (2006). Helping Students Understanding Challenging Topics in Science Through Ontology Training. *Cognition and Instruction*, 24(2), 261-289.



Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F., & Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101-1103.

Soulios, I., & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. *International Journal of Science Education*, 1-22.

Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.

Stathopoulou, C., & Vosniadou, S. (2007). Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology*, 32(3), 255-281.

Törnkvist, S. (1993). Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept. *American Journal of Physics*, 61(4), 335.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and instruction*, 16(1), 3-118.

Williams, C. T., & Rudge, D. W. (2016). Emphasizing the History of Genetics in an Explicit and Reflective Approach to Teaching the Nature of Science. *Science & Education*, 25(3-4), 407-427.

Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., & Kariotoglou, P. (2016) The impact of procedural and epistemological knowledge on conceptual understanding: the case of density and floating–sinking phenomena. *Instructional Science*, 1-20.

### **Ελληνόφωνη**

Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στις Θετικές Επιστήμες, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΥΠΕΠΘ, Αθήνα (2000).

Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (2010). Αναλυτικά Προγράμματα Προδημοτικής, Δημοτικής και Μέσης Εκπαίδευσης. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου - Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Γραπτά έργα αξιολόγησης 1<sup>η</sup> Μελέτης – Εννοιολογική κατανόηση

Χειμερινό Εξάμηνο 2014

Όνοματεπώνυμο \_\_\_\_\_

#### Προπειραματικό Δοκίμιο 1

1. Βάλτε ✓ σε κάθε ορθή πρόταση:

- Οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν μόνο με μικρότερα αντικείμενα.
- Οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν με όλα τα μέταλλα.
- Οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν μόνο με άλλους μαγνήτες.
- Οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν μόνο με τα αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο.
- Οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν τόσο με άλλους μαγνήτες όσο και αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο.

2. Βάλτε ✓ δίπλα σε κάθε αντικείμενο που αλληλεπιδρά με μαγνήτες.



ψαλίδι



μολύβι



χάλκινο κέρμα



συνδετηράκι



οδοντόβουρτσα



μαγνήτης



καρφοβελόνες



βιβλίο



ποτήρι



πινέζα



γραβάτα



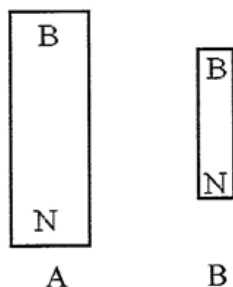
μεταλλικό μέρος  
παραθύρων





## Προπειραματικό Δοκίμιο 4

1. Δίδονται οι μαγνήτες που απεικονίζονται στο πιο κάτω σχήμα:



A) Ένας μαθητής λέει:

«Ο μαγνήτης A είναι πιο ισχυρός διότι είναι μεγαλύτερος σε μέγεθος»

B) Ένας άλλος μαθητής, πιο δύσπιστος, πειραματίζεται πρώτα και αφού διαπιστώνει ότι όντως ο μαγνήτης A είναι πιο ισχυρός, συμπεραίνει:

«Όσο μεγαλύτερος σε μέγεθος είναι ένας μαγνήτης, τόσο πιο ισχυρός είναι»

Σχολιάστε τα συμπεράσματα των δύο μαθητών.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Προπειραματικό Δοκίμιο 5**

Ένας μαγνήτης του σχήματος που φαίνεται στα δεξιά έσπασε στα δύο κατά μήκος της διακεκομμένης γραμμής που φαίνεται στο διάγραμμα.



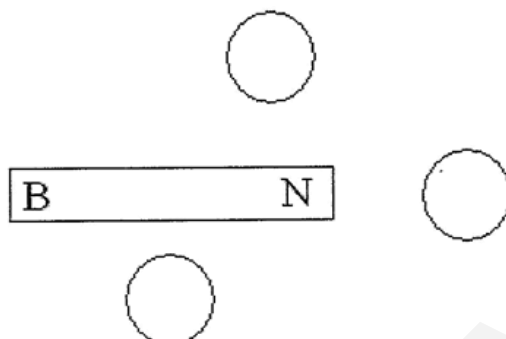
Τι πιστεύετε ότι θα παρατηρούσατε αν προσπαθούσατε να επαναφέρετε σε επαφή τα δύο κομμάτια;



Μπορείτε να προσδιορίσετε τους πόλους του κάθε κομματιού; Αν ναι, υποδείξτε τους στο διάγραμμα και εξηγήστε το συλλογισμό σας. Αν όχι, εξηγήστε γιατί όχι.

**Μαγνητισμός**  
**Προπειραματικό Δοκίμιο 6**

1. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένας μαγνήτης και γύρω του μερικές πυξίδες. Δείξτε με βελάκια τον προσανατολισμό των βελόνων των πυξίδων και σημειώστε τους πόλους τους.



Εξηγήστε πώς σκεφτήκατε για να σχεδιάσετε τους προσανατολισμούς των πυξίδων όπως τους σχεδιάσατε.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Ένας μαθητής κάνει το παρακάτω σχόλιο:

*«Ένας μαγνήτης αλληλεπιδρά με τον ίδιο τρόπο με ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο που βρίσκεται κοντά του, ανεξαρτήτως αν υπάρχει ή όχι σε κοντινή απόσταση κι άλλος μαγνήτης»*

Σχολιάστε την άποψή του.

.....

.....

.....

.....

.....

Διαβάστε προσεκτικά τις δηλώσεις που ακολουθούν και προσδιορίστε αν αποτελούν παραδείγματα παρατήρησης, ερμηνείας ή κανένα από τα δύο, χωρίς να αξιολογείτε την εγκυρότητα του περιεχομένου τους.

- Ένας λαμπτήρας που συνδέεται σε ένα κλειστό κύκλωμα, ανάβει επειδή περνά από αυτόν ηλεκτρικό ρεύμα. \_\_\_\_\_
  - Το παγωμένο νερό που υπήρχε στο ποτήρι ζεστάθηκε επειδή το αφήσαμε αρκετή ώρα έξω στο περιβάλλον μια καλοκαιρινή μέρα. \_\_\_\_\_
  - Αν αφήσουμε μια πέτρα από κάποιο ύψος θα πέσει προς το έδαφος, λόγω της δύναμης με την οποία την τραβά η γη. \_\_\_\_\_
  - Το ηλεκτρονικό μου παιχνίδι σταμάτησε να λειτουργεί επειδή το άφησα αναμμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να του αλλάξω μπαταρίες. \_\_\_\_\_
  - Η κίνηση ενός αυτοκινήτου προκύπτει από το αποτέλεσμα της μετατροπής της χημικής ενέργειας σε κινητική ενέργεια των τροχών του. \_\_\_\_\_
  - Όταν ο δρόμος είναι βρεγμένος, η απόσταση που διανύει ένα αυτοκίνητο μέχρι να σταματήσει, όταν φρενάρουμε είναι μεγαλύτερη. \_\_\_\_\_
  - Το αλάτι διαλύεται πιο εύκολα σε ζεστό, παρά σε κρύο νερό. \_\_\_\_\_
  - Η βιομηχανική περιοχή Λατσιών θεωρείται η πιο κατάλληλη περιοχή για το κτίσιμο ενός εργοστάσιου αφαλάτωσης. \_\_\_\_\_
  - Η μάζα των παγετώνων στη δυτική Ανταρκτική, μειώθηκε κατά 20%. \_\_\_\_\_
  - Η δύναμη της τριβής τείνει να εμποδίζει την κίνηση ενός σώματος. \_\_\_\_\_
1. Μπορείτε να προσδιορίσετε κάποιο γενικό κανόνα, που θα προτείνατε σε κάποιο συμφοιτητή σας για να χρησιμοποιήσει προκειμένου να σκεφτεί πώς να διαχωρίσει την παρατήρηση από την ερμηνεία;



1. Διαβάστε προσεκτικά την πιο κάτω δήλωση και επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

Ένας αρχαιολόγος ανακαλύπτει αρχαία αντικείμενα, αφού τα αντικείμενα υπήρχαν πάντοτε εκεί και απλώς ήταν θέμα χρόνου κάποιος να κάνει ανασκαφές και να τα βρει. Αντίθετα, ένας συνθέτης επινοεί τη μουσική για να πλαισιώσει τους στίχους ενός ποιήματος και να φτιαχτεί έτσι ένα τραγούδι. Η μουσική δεν υπήρχε κάπου για να τη βρει ο συνθέτης αλλά τη δημιούργησε ο ίδιος χρησιμοποιώντας τη δημιουργικότητα του και τις μουσικές του ικανότητες. Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν ή επινοούν επιστημονικές θεωρίες;

A) οι επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες. Παρόλο που οι θεωρίες υπήρχαν πάντα εκεί, οι άνθρωποι δεν το ήξεραν αυτό προηγουμένως. Έτσι, οι επιστήμονες ανακαλύπτουν τις επιστημονικές θεωρίες

B) οι επιστήμονες επινοούν επιστημονικές θεωρίες. Οι θεωρίες δεν υπήρχαν στο κόσμο αλλά προέρχονται από τη δημιουργικότητα των επιστημόνων.

Γ) κάποτε οι επιστήμονες ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες, αλλά κάποτε τις επινοούν

Δ) άλλο

Εξηγήστε

---

---

Εξηγήστε την απάντησή σας.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1. Διαβάστε προσεκτικά την πιο κάτω δήλωση και επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

Οι επιστήμονες σκέφτονται πως όλα τα υλικά (στερεά, υγρά και αέρια) αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια. Αυτό οφείλεται στο ότι οι επιστήμονες:

A) μπορούν να παρατηρήσουν αυτά τα μικρά σωματίδια χρησιμοποιώντας μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης

B) απέδειξαν μέσα από πολλά πειράματα ότι τα υλικά αποτελούνται από μικρά σωματίδια

Γ) μπορούν να εξηγήσουν τους λόγους που συμβαίνουν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, υποθέτοντας ότι όλα τα υλικά είναι κατασκευασμένα από μικρά σωματίδια

Δ) άλλο

Εξηγήστε

---

---

Εξηγήστε την απάντησή σας.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Απαντήστε τις ακόλουθες ερωτήσεις.

1α. Στα βιβλία της επιστήμης συχνά παρουσιάζονται τα υλικά (στερεά, υγρά και αέρια) ως να αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια. Πόσο σίγουροι νομίζετε ότι είναι οι επιστήμονες για αυτή τη δομή;

---

---

---

---

---

---

---

1β. Ποια συγκεκριμένα στοιχεία νομίζετε ότι χρησιμοποίησαν οι επιστήμονες για να προσδιορίσουν τη δομή των υλικών;

---

---

---

---

---

---

---

2. Τόσο οι επιστήμονες όσο και οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητά τους για τη παραγωγή των προϊόντων τους. Υπάρχει κάποια ουσιαστική διαφορά στις δύο περιπτώσεις; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

---

---

---

---

---

---

---

---

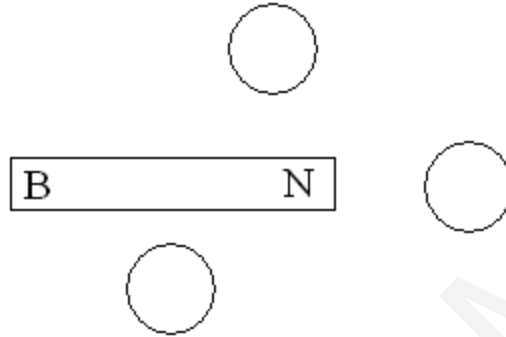
---

---

**Γραπτά έργα αξιολόγησης 2<sup>η</sup> Μελέτης – Εννοιολογική κατανόηση**

**Έργο αξιολόγηση 1**

1. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένας μαγνήτης και γύρω του μερικές πυξίδες. Δείξτε με βελάκια τον προσανατολισμό των βελόνων των πυξίδων και σημειώστε τους πόλους τους.



Εξηγήστε πώς σκεφτήκατε για να σχεδιάσετε τους προσανατολισμούς των πυξίδων όπως τους σχεδιάσατε.

.....

.....

.....

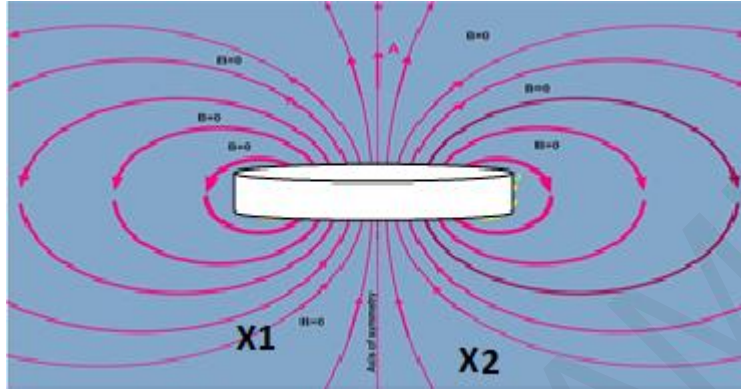
.....

.....

.....

## Έργο αξιολόγησης 2

Α. Πιο κάτω σας δίνεται μια εικόνα που περιγράφει το μαγνητικό πεδίο που σχηματίζεται γύρω από ένα μαγνήτη καθώς και η φορά των μαγνητικών γραμμών. Μπορείτε να εντοπίσετε πού βρίσκονται οι μαγνητικοί πόλοι στον πιο κάτω μαγνήτη; Αν όχι, εξηγήστε ποια πληροφορία σας λείπει. Αν ναι, υποδείξτε τις περιοχές στην εικόνα που αντιστοιχούν στους μαγνητικούς πόλους και εξηγήστε σε ποια πληροφορία στηριχθήκατε για να απαντήσετε στο ερώτημα.



---

---

---

---

---

---

---

---

Β. Στο διάγραμμα που σας δόθηκε, υποδεικνύονται δύο σημεία (X1 και X2). Υποθέστε ότι τοποθετούνται δύο συνδετηράκια, ένα σε κάθε σημείο. Σε ποια περίπτωση νομίζετε ότι θα παρατηρηθεί πιο έντονη αλληλεπίδραση; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

---

---

---

---

---

---

---

---

Γ. Πώς θα απαντούσατε στο ερώτημα για το σε ποιο από τα δύο σημεία θα παρουσιαστεί πιο έντονη αλληλεπίδραση, αν έπρεπε να σκεφτείτε την απάντησή σας με βάση την έννοια των μαγνητικών γραμμών ή/ και του μαγνητικού πεδίου;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Γραπτά έργα αξιολόγησης 2<sup>η</sup> Μελέτης – Φύση της Επιστήμης

### Έργο αξιολόγησης 1

Ένας αρχαιολόγος *ανακαλύπτει* αρχαία αντικείμενα, αφού τα αντικείμενα υπήρχαν πάντοτε εκεί και απλώς ήταν θέμα χρόνου κάποιος να κάνει ανασκαφές και να τα βρει.

Αντίθετα, ένας συνθέτης *επινοεί* τη μουσική για να πλαισιώσει τους στίχους ενός ποιήματος και να φτιαχτεί έτσι ένα τραγούδι. Η μουσική δεν υπήρχε κάπου για να τη βρει ο συνθέτης αλλά τη δημιούργησε ο ίδιος χρησιμοποιώντας τη δημιουργικότητα του και τις μουσικές του ικανότητες.

Μια επιστημονική θεωρία περιλαμβάνει μια επιστημονική ερμηνεία σχετικά με το πώς συμβαίνουν διάφορα φαινόμενα. Με βάση τα πιο πάνω πιστεύετε ότι οι επιστήμονες ανακαλύπτουν ή επινοούν τις επιστημονικές θεωρίες;

Πιο κάτω φαίνονται οι απαντήσεις δύο μαθητών για αυτό το ερώτημα. Διαβάστε τις προσεκτικά.

**Μαθητής 1:** *‘Ανακαλύπτουν επιστημονικές θεωρίες. Οι επιστημονικές θεωρίες περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η φύση. Η φύση όμως πάντοτε λειτουργούσε με τον ίδιο τρόπο. Απλώς κάποια στιγμή οι επιστήμονες ανακάλυψαν τις θεωρίες που τους επέτρεψαν να εξηγήσουν κάποιες πτυχές της λειτουργίας της φύσης.’*

**Μαθητής 2:** *‘Επινοούν επιστημονικές θεωρίες. Δεν υπάρχουν κάπου και απλώς τις ανακαλύπτουν. Αντίθετα, οι επιστήμονες δημιουργούν τις θεωρίες χρησιμοποιώντας τη δημιουργικότητα τους και τις επιστημονικές τους γνώσεις.’*

**1.** Συμφωνείτε με το μαθητή 1, με το μαθητή 2, ή και με τους δύο; Εξηγήστε το συλλογισμό σας, δίνοντας ένα παράδειγμα, από ένα επιστημονικό πεδίο εκτός του μαγνητισμού, που να στηρίζει την επιλογή σας.

## Έργο αξιολόγησης 2

Πιο κάτω μπορείτε να διαβάσετε τη δήλωση ενός άλλου μαθητή, μέσα από την οποία φαίνονται οι απόψεις του σχετικά με το περιεχόμενο στο οποίο αναφέρεται η Επιστήμη.

**Μαθητής:** *«Η επιστήμη χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα και δεν χωρεί επινόηση ή δημιουργικότητα σε αυτήν. Αν επιτρεπόταν στους επιστήμονες να επινοούν θα κατέληγαν σε αυθαιρεσίες.»*

Δηλώστε αν συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τη δήλωσή του. Αν συμφωνείτε εξηγήστε το συλλογισμό σας. Αν διαφωνείτε εξηγήστε πώς η επινόηση συμβιβάζεται με την αυστηρότητα της επιστήμης και πώς προστατεύεται από αυθαιρεσίες.

**3.** Ένας άλλος μαθητής στηριζόμενος στην πιο πάνω δήλωση, διατυπώνει την ακόλουθη άποψη:

*«Οι επιστήμονες όταν προσπαθούν να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο, στηρίζονται στις παρατηρήσεις και τα δεδομένα τους. Για αυτό το λόγο είναι απόλυτα βέβαιοι για την εγκυρότητα της ερμηνείας τους.»*

Συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την άποψη του μαθητή; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.



### Έργο αξιολόγησης 3

Επιλέξτε μια θεματική ενότητα της φυσικής (εκτός από το μαγνητισμό). Γράψτε μια παρατήρηση που θα μπορούσε να κάνει κάποιος για κάποιο φαινόμενο σε αυτή τη θεματική ενότητα. Έπειτα, δώστε μια ερμηνεία που εξηγεί πώς προκύπτει η συγκεκριμένη παρατήρηση.

**β.** Πώς διαφέρουν οι παρατηρήσεις από τις ερμηνείες; Εξηγήστε το συλλογισμό σας και προσδιορίστε συγκεκριμένα κριτήρια τα οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει κάποιος για να τις διακρίνει.

## Γραπτά έργα αξιολόγησης 2<sup>η</sup> Μελέτης – Επιστημολογικές διαστάσεις μαγνητισμού

### Έργο αξιολόγησης 1

Πιο κάτω παρουσιάζεται ο διάλογος ανάμεσα σε δύο μαθητές. Διαβάστε τις δηλώσεις τους και απαντήστε στο πιο κάτω ερώτημα.

**Μαθητής 1:** «Η κάθε έννοια στη φυσική αναφέρεται σε ένα αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο και έχει παρατηρηθεί. Οι επιστήμονες δεν αναφέρονται σε πράγματα που απλώς υποθέτουν ότι υπάρχουν.»

**Μαθητής 2:** «Διαφωνώ. Οι επιστήμονες κάποτε αναφέρονται σε πράγματα που επινοούν και δεν έχουν παρατηρηθεί, φτάνει να τους βοηθούν να εξηγούν με συνέπεια τις παρατηρήσεις τους.»

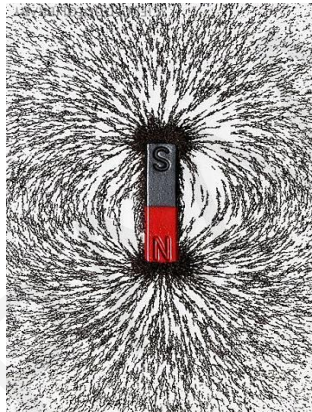
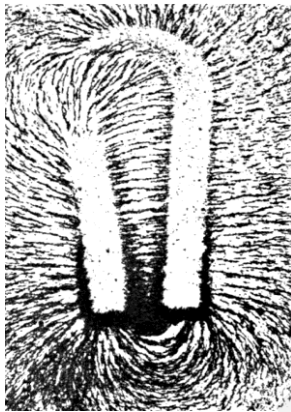
Συμφωνείτε με τον μαθητή 1 ή τον μαθητή 2 ή κανέναν από τους δύο; Αν συμφωνείτε με τον μαθητή 1, εξηγήστε για ποιους λόγους δεν είναι αποδεκτή η επινόηση στην επιστήμη. Αν συμφωνείτε με τον μαθητή 2, προσδιορίστε παραδείγματα επινόησης από τη θεματική ενότητα του μαγνητισμού και περιγράψτε πώς μας βοηθούν να εξηγήσουμε σχετικές παρατηρήσεις.

## Έργο αξιολόγησης 2

Πιο κάτω υπάρχει ο διάλογος δύο μαθητών σχετικά με τις παρατηρήσεις που προέκυψαν μετά την εκτέλεση ενός πειράματος με ρινίσματα σιδήρου και μαγνήτες διαφόρων ειδών.

**Μαθητής 1:** «Όταν βάζουμε ρινίσματα σιδήρου αυτά διατάσσονται με αυτό τον τρόπο παίρνοντας τη μορφή του πεδίου. Για την ακρίβεια όταν παρατηρούμε τη διάταξη των ρινισμάτων σιδήρου στην ουσία παρατηρούμε τις μαγνητικές γραμμές και το μαγνητικό πεδίο.»

**Μαθητής 2:** «Διαφωνώ. Αυτό που σχηματίζεται δεν είναι το μαγνητικό πεδίο. Αντίθετα, είναι μια διάταξη που μας δίνει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του πεδίου. Δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε άμεσα το πεδίο ή τις μαγνητικές γραμμές.»



Συμφωνείτε με το μαθητή 1, το μαθητή 2 ή κανένα από τους δύο; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

### Έργο αξιολόγησης 3

Διαβάστε προσεκτικά το διάλογο μεταξύ δύο μαθητών:

**Μαθητής 1:** *«Το μαγνητικό πεδίο είναι αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο. Ο λόγος που δεν μπορούμε να το παρατηρήσουμε άμεσα είναι διότι δεν έχουμε ακόμη στη διάθεσή μας αρκετά «ισχυρά» μικροσκόπια. Αναμένω όμως ότι είναι θέμα χρόνου να συμβεί αυτό.»*

**Μαθητής 2:** *«Συμφωνώ ότι το μαγνητικό πεδίο είναι ένα αντικείμενο που υπάρχει στο φυσικό κόσμο. Όμως διαφωνώ με το ότι δεν το έχουμε παρατηρήσει ακόμη. Για παράδειγμα αν σκορπίσουμε ρινίσματα σιδήρου γύρω από ένα μαγνήτη τότε ουσιαστικά παρατηρούμε το πεδίο.»*

Συμφωνείτε με το μαθητή 1, το μαθητή 2 ή κανένα από τους δύο; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.